



REC'D 01 SEP 2003

WIPO PCT

BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION**COPIE OFFICIELLE**

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 16 JUIL. 2003

Pour le Directeur général de l'Institut
national de la propriété industrielle
Le Chef du Département des brevets

**CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT**

Martine PLANCHE

DOCUMENT DE PRIORITÉ

PRÉSENTÉ OU TRANSMIS
CONFORMÉMENT À LA
RÈGLE 17.1.a) OU b)

BEST AVAILABLE COPY

INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE

SIEGE
26 bis, rue de Saint Petersburg
75800 PARIS cedex 08
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23
www.inpi.fr



26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 94 86 54

BREVET D'INVENTION
CERTIFICAT D'UTILITÉ
Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 1/2

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DS 540 W / 260399

REMISE DES PIÈCES DATE 28 JUIN 2002 LIEU 75 INPI PARIS N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE PAR L'INPI 28 JUIN 2002		1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE SAURA Robert FRANCE TELECOM R&D/VAT/PI 38-40, rue du Général Leclerc 92794 ISSY MOULINEAUX Cédex 9	
Vos références pour ce dossier (facultatif) 04293			
Confirmation d'un dépôt par télécopie <input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie			
2 NATURE DE LA DEMANDE		Cochez l'une des 4 cases suivantes	
Demande de brevet		<input checked="" type="checkbox"/>	
Demande de certificat d'utilité		<input type="checkbox"/>	
Demande divisionnaire		<input type="checkbox"/>	
Demande de brevet initiale		N°	Date
ou demande de certificat d'utilité initiale		N°	Date
Transformation d'une demande de brevet européen		<input type="checkbox"/>	Date
Demande de brevet initiale		N°	Date
3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) DISPOSITIFS DE TRAITEMENT D'ECHO POUR SYSTEME DE COMMUNICATION DE TYPE MONOVOIE OU MULTIVOIES			
4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE		Pays ou organisation Date Pays ou organisation Date Pays ou organisation Date <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
5 DEMANDEUR		<input type="checkbox"/> S'il y a d'autres demandeurs, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
Nom ou dénomination sociale		FRANCE TELECOM	
Prénoms			
Forme juridique		Société Anonyme	
N° SIREN		3 . 8 . 0 . 1 . 2 . 9 . 8 . 6 . 6	
Code APE-NAF			
Adresse	Rue	6, place d'Alleray	
	Code postal et ville	75015 PARIS	
Pays		France	
Nationalité		Française	
N° de téléphone (facultatif)			
N° de télécopie (facultatif)			
Adresse électronique (facultatif)			

REMISE DES PIÈCES DATE 76 INPI PARIS LIEU 0208056 N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI		Révisé à l'INPI LB 548 W / 26-323	
Vos références pour ce dossier : <i>(facultatif)</i>		04293	
6 MANDATAIRE			
Nom		SAURA	
Prénom		Robert	
Cabinet ou Société		FRANCE TELECOM R&D/VAT/PI	
N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel		PG 10883	
Adresse	Rue	38-40, rue du Général Leclerc	
	Code postal et ville	92794	ISSY-LES-MOULINEAUX Cédex 9
N° de téléphone <i>(facultatif)</i>		01 45 29 68 95	
N° de télécopie <i>(facultatif)</i>		01 45 29 65 60	
Adresse électronique <i>(facultatif)</i>			
7 INVENTEUR (S)			
Les inventeurs sont les demandeurs <input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non Dans ce cas fournir une désignation d'inventeur(s) séparée			
8 RAPPORT DE RECHERCHE		Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)	
Établissement immédiat ou établissement différé <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>			
Paiement échelonné de la redevance <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non		Paiement en deux versements, uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	
9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES		Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition) <input type="checkbox"/> Requête antérieurement à ce dépôt (joindre une copie de la décision d'admission pour cette invention ou indiquer sa référence):	
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes			
10 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire) SAURA Robert Mandataire par pouvoir PG 10883		VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI 	

5

DESCRIPTION

La présente invention a trait au domaine des communications. Plus particulièrement l'invention concerne des dispositifs de traitement d'écho acoustique à gains variables et/ou par filtrage adaptatif, destiné à atténuer dans
10 un signal de retour des composantes d'écho d'un signal direct. L'invention s'applique aux systèmes de communication de type monovoie comme aux systèmes de type multivoies.

L'écho acoustique existe principalement dans certains types de communications où le terminal d'un utilisateur distant se compose d'un (ou
15 plusieurs) haut-parleur(s) se substituant à l'écouteur, et d'un (ou plusieurs) microphone(s) directif(s). Il s'agit par exemple d'équipements d'audioconférences ou de postes fonctionnant en "mains libres" tels que des téléphones mobiles. Son origine est simple : sans précautions particulières, le son émis par le haut-parleur subit des réflexions multiples (contre les murs, le
20 plafond etc.) constituant autant d'échos différents, qui sont captés par le microphone au même titre que la parole utile. L'ensemble constitué du haut-parleur, du microphone, et de leur environnement physique constitue ainsi un système générateur d'écho.

Le problème de l'écho acoustique a fait l'objet de nombreuses études
25 tant dans le cas monovoie (un seul microphone et un seul haut-parleur) que dans le cas multivoies (plusieurs microphones et plusieurs haut-parleurs). Le problème d'écho dans le cas multivoie est semblable à celui du cas monovoie, à la différence près qu'il faut prendre en considération tous les couplages acoustiques possibles entre les divers microphones et haut-parleurs.

30 Parmi les techniques de traitement d'écho les plus couramment utilisées, on trouve les techniques de suppression d'écho à variation de gains et les techniques d'annulation d'écho par filtrage adaptatif.

Dans un système de suppression d'écho à gains variables, un gain en réception est appliqué au signal (signal direct) qui doit être appliqué au haut-parleur (entrée du système générateur d'écho), et un gain en émission est appliqué au signal issu du microphone (sortie du système générateur d'écho) formant le signal de retour. Un tel système de suppression d'écho est décrit dans le document brevet français N° 2 748 184.

Typiquement, des détecteurs d'activité vocale en réception (DAVR) et en émission (DAVE), ainsi qu'un détecteur de double parole (DDP) fournissent les informations nécessaires aux modules calculant les gains en émission et en réception. Ainsi, lorsque le locuteur distant parle (détection par DAVR), le gain en émission est diminué afin d'atténuer l'écho. En cas de prise de parole par le locuteur local (détection par DAVE), cette contrainte sur le gain en émission est relâchée, et le gain en réception est diminué. En cas de double parole (les deux locuteurs parlent simultanément ; phénomène détecté par DDP), un comparateur détermine le locuteur dont le niveau est le plus élevé et privilégie son sens d'émission, ou bien, un réglage intermédiaire des gains en émission et en réception est établi.

Dans un système d'annulation d'écho par filtrage adaptatif (en anglais, *Acoustic Echo Canceler* - AEC), un filtre d'identification estime le couplage acoustique entre le haut-parleur et le microphone, et génère un signal qui est utilisé pour annuler l'écho. Le filtre d'identification est classiquement un filtre programmable à réponse impulsionnelle finie dont les coefficients doivent être adaptés, selon un algorithme prédéterminé de mise à jour des coefficients, utilisant un pas d'adaptation. Les coefficients sont adaptés sur la base du signal qui doit être appliqué au haut-parleur. Un tel système d'annulation d'écho est décrit dans le document brevet français N° 2 738 695.

Souvent, un système de suppression d'écho à gains variables est combiné au système d'annulation d'écho, de manière à supprimer le résidu d'écho qui persiste après l'annulation d'écho.

Cependant, les systèmes de traitement d'écho précités présentent l'inconvénient de ne pas pouvoir prendre en compte une variation du couplage

acoustique entre le haut-parleur et le microphone lorsque cette variation est indépendante du signal qui est appliqué au haut-parleur.

C'est le cas, par exemple, lorsqu'il existe une possibilité de réglage extérieur du niveau sonore restitué par le haut-parleur (par exemple au moyen d'un potentiomètre). En effet, toute variation du niveau sonore restitué modifie le couplage acoustique entre le haut-parleur et le microphone, et donc l'écho capté par le microphone. Or, le système de traitement d'écho ne prenant en compte que le signal qui est appliqué au haut-parleur et non le signal sonore qui est effectivement restitué par ce dernier, il ne peut donc pas prendre en compte une telle modification du couplage acoustique dans son processus de calcul.

Ainsi, si le niveau de restitution sonore a été diminué alors que le système a été initialisé avec un réglage de niveau sonore maximal, dans le cas, par exemple, d'un état double parole, il pourra se produire des coupures ou des troncatures dans la parole distante (émise par le haut-parleur).

De même, lorsque, dans le terminal de communication utilisé, le microphone et le haut-parleur sont physiquement indépendants l'un de l'autre, leur distance respective peut varier, ce qui entraîne une variation du couplage acoustique entre le haut-parleur et le microphone, avec les mêmes conséquences que celles exposées ci-dessus.

Dans le cas multivoies, le problème est le même mais généralisé au couplage existant entre les divers microphones et haut-parleurs.

La présente invention a pour but notamment de remédier aux inconvénients exposés ci-dessus des systèmes de traitement d'écho connus.

A cet effet, la présente invention concerne, selon un premier aspect, un dispositif de traitement d'écho pour atténuer dans un signal de retour Y_{2n} des composantes d'écho d'un signal direct X_{1n} , comprenant :

- des moyens de calcul de gains en réception et en émission G_{r_n} , G_{e_n} ;
- des premiers moyens d'application de gain pour appliquer le gain en réception G_{r_n} au signal direct et produire un signal d'entrée X_{2n} émis dans un système générateur d'écho ;

- des seconds moyens d'application de gain pour appliquer le gain en émission Ge_n à un signal de sortie $Y1n$ issu du système générateur d'écho et produire le signal de retour $Y2n$.

Conformément à l'invention, ce dispositif de traitement d'écho est remarquable en ce qu'il comporte en outre des moyens de calcul d'une variable de couplage, COR, caractéristique du couplage acoustique existant entre le signal direct $X1n$ ou le signal d'entrée $X2n$, et le signal de sortie $Y1n$; et en ce que les moyens de calcul de gains sont aptes à calculer les gains en réception et en émission Gr_n , Ge_n sur la base de la variable de couplage.

La prise en compte du couplage acoustique réel entre le haut-parleur et le microphone dans le pilotage de la variation des gains appliqués en réception et/ou en émission dans le dispositif, permet d'adapter automatiquement la qualité sonore du signal émis et du signal reçu en fonction des changements d'environnement acoustique du dispositif de traitement d'écho et de la position relative des transducteurs (haut-parleur, microphone), ainsi que, par exemple, en fonction du niveau de restitution sonore choisi par l'utilisateur.

Selon une caractéristique particulière de l'invention, le dispositif de traitement d'écho comporte des moyens d'estimation de la puissance instantanée du signal direct $X1n$ ou du signal d'entrée $X2n$, et de celle du signal de sortie $Y1n$. Les moyens de calcul de gains sont alors aptes à calculer les gains en réception et en émission Gr_n , Ge_n sur la base d'une variable G déterminée en fonction des puissances estimées du signal direct ou du signal d'entrée, et du signal de sortie, et en fonction de la variable de couplage COR, selon l'équation suivante :

$$G = \frac{P2n}{P2n + COR \cdot P1n}$$

où $P1n$ et $P2n$ désignent respectivement une estimation à l'instant considéré de la puissance du signal direct $X1n$ ou du signal d'entrée $X2n$, et du signal de sortie $Y1n$.

Le terme "COR.P1n" dans l'expression de la variable G représente l'énergie du signal sonore effectivement capté par le microphone, donc prenant en compte tous les réglages externes (par ex. niveau de restitution sonore)

"non vus" par le système. La variable G varie par conséquent de façon automatique en fonction des changements réels du couplage acoustique haut-parleur/microphone et de ce fait les gains en réception et en émission sont adaptés automatiquement.

5 Selon un second aspect, l'invention concerne un dispositif d'annulation d'écho pour atténuer dans un signal de sortie $Y1n$ des composantes d'écho d'un signal d'entrée $X2n$ émis dans un système générateur d'écho, comprenant :

- un filtre d'identification à réponse impulsionnelle finie représentative de
10 la réponse du système générateur d'écho, recevant en entrée le signal d'entrée $X2n$ et générant un signal de filtrage S_n ;

- des moyens de soustraction recevant en entrée, d'une part, un signal $Y3n$ issu du système générateur d'écho, dont au moins une composante est une réponse du système générateur d'écho au signal d'entrée $X2n$, et d'autre
15 part le signal de filtrage S_n , pour soustraire du signal $Y3n$ le signal de filtrage S_n , et produire le signal de sortie $Y1n$;

- des moyens d'adaptation des coefficients du filtre d'identification en fonction d'un pas d'adaptation μ_n ;

- des moyens de calcul du pas d'adaptation μ_n .

20 Ce dispositif est remarquable en ce que les moyens de calcul du pas d'adaptation comprennent des moyens d'estimation de la puissance, $P1n$, du signal d'entrée $X2n$, et de celle, $P3n$, du signal $Y3n$, et des moyens de calcul d'une première variable de couplage, $COR2$, caractéristique du couplage acoustique existant entre le signal d'entrée $X2n$, et le signal $Y3n$ issu du
25 système générateur d'écho ; le pas d'adaptation μ_n du filtre d'identification étant calculé en fonction des puissances estimées $P1n$, $P3n$, et en fonction de la première variable de couplage $COR2$.

L'évaluation de la variable de couplage $COR2$ précitée, permet ainsi de "piloter" le pas d'adaptation du filtre en fonction du couplage acoustique réel
30 existant entre le signal d'entrée et le signal de sortie du système générateur d'écho. Cela permet d'améliorer la réactivité du dispositif d'annulation d'écho en

fonction de changements dans l'environnement acoustique du dispositif, et donc d'améliorer le résultat du traitement de l'écho.

Selon une mode de réalisation préféré, le pas d'adaptation μ_n est obtenu selon l'équation suivante :

$$5 \quad \mu_n = \frac{P1n}{\alpha \cdot P1n + COR2.P3n}$$

où α est une constante positive, et, P1n et P3n désignent respectivement une estimation à l'instant considéré de la puissance du signal d'entrée X2n, et de celle du signal Y3n issu du système générateur d'écho.

Selon une variante de réalisation, les moyens de calcul du pas
10 d'adaptation comprennent en outre des moyens de calcul d'une seconde variable de couplage, COR, caractéristique du couplage acoustique entre le signal d'entrée X2n du système générateur d'écho et le signal de sortie Y1n, la seconde variable de couplage COR étant obtenue par un calcul de corrélation entre les signaux d'entrée X2n et de sortie Y1n ; le pas d'adaptation μ_n du filtre
15 d'identification étant en outre calculé en fonction de la seconde variable de couplage COR.

Par la prise en compte additionnelle de la seconde variable de couplage (COR), il est possible de connaître l'état de convergence du filtre d'identification et de contrôler ainsi plus finement le pas d'adaptation.

20 Selon un troisième aspect, l'invention concerne un dispositif de traitement d'écho pour système de communication multivoies comprenant une pluralité N de voies de réception, N étant un entier supérieur ou égal à 2, et une pluralité M de voies d'émission, M étant un entier supérieur ou égal à 1 ; chacune, i, des N voies de réception comprenant un transducteur de sortie
25 (HPi) qui produit une onde de pression sonore en réponse à un signal d'entrée X2n(i) issu d'un signal direct X1n(i) ; chacune, j, des M voies d'émission comprenant un transducteur d'entrée (MCj) qui convertit une onde de pression sonore en un signal de sortie Y1n(j). Le dispositif de traitement d'écho est destiné à atténuer dans chaque signal de sortie Y1n(j) des composantes d'écho
30 provenant de tout ou partie des N signaux d'entrée X2n(i), et résultant du

couplage acoustique existant entre le transducteur d'entrée de la voie d'émission considérée et tout ou partie des M transducteurs de sortie.

Conformément à l'invention, ce dispositif est remarquable en ce qu'il comporte :

5 - des moyens de calcul de gains en réception $Gr_n(i)$ et de gains en émission $Ge_n(j)$;

 - des moyens d'application de gains en réception pour appliquer un gain en réception $Gr_n(i)$ à chaque signal direct $X1n(i)$ et produire le signal d'entrée $X2n(i)$ correspondant ;

10 - des moyens d'application de gains en émission pour appliquer un gain en émission $Ge_n(j)$ à chaque signal de sortie $Y1n(j)$ et produire un signal de retour $Y2n(j)$ correspondant ;

 - des moyens de calcul, pour chaque voie d'émission j , de N variables de couplage $COR(j,i)$, i variant de 1 à N , chacune desquelles étant caractéristique
15 du couplage acoustique existant entre le signal de sortie $Y1n(j)$ de la voie d'émission et un des N signaux d'entrée $X2n(i)$;

 les moyens de calcul de gains étant aptes à calculer chaque gain en réception $Gr_n(i)$ et chaque gain en émission $Ge_n(j)$ sur la base des N variables de couplage $COR(j,i)$ calculées pour la voie d'émission j associée.

20 Les avantages relatifs à ce mode de calcul de gains en ce qui concerne un couple donné (i,j) de voies de réception et d'émission, sont de même nature que ceux obtenus avec un dispositif monovoie à gains variables selon l'invention, tel que brièvement exposé plus haut.

 Selon un mode de réalisation préféré de l'invention, le dispositif de
25 traitement d'écho comporte des moyens d'estimation de la puissance instantanée, $P1n_i$, de chaque signal d'entrée $X2n(i)$, et de celle, $P2n_j$, de chaque signal de sortie $Y1n(j)$, les moyens de calcul de gains en émission étant aptes à calculer chaque gain en émission $Ge_n(j)$ sur la base de N variables $G(j, i)$, i variant de 1 à N , chacune desquelles étant déterminée en fonction des
30 puissances estimées d'un signal d'entrée $X2n(i)$, et du signal de sortie $Y1n(j)$ de la voie d'émission considérée, et en fonction de la variable de couplage

COR(j, i) correspondante, chacune des variables $G(j,i)$ étant obtenue selon l'équation suivante :

$$G(j,i) = \frac{P2n_j}{P2n_j + COR(j,i) \cdot P1n_i}$$

où $P1n_i$ et $P2n_j$ désignent respectivement une estimation à l'instant
5 considéré de la puissance du signal d'entrée $X2n(i)$, et du signal de sortie $Y1n(j)$ considérés.

Selon un quatrième aspect, l'invention concerne un dispositif d'annulation
d'écho pour système de communication multivoies comprenant une pluralité N
de voies de réception, N étant un entier supérieur ou égal à 2, et une pluralité M
10 de voies d'émission, M étant un entier supérieur ou égal à 1 ; chacune, i, des N
voies de réception comprenant un transducteur de sortie (HP_i) qui produit une
onde de pression sonore en réponse à un signal d'entrée $X2n(i)$; chacune, j,
des M voies d'émission comprenant un transducteur d'entrée (MC_j) qui convertit
une onde de pression sonore en un signal de sortie $Y1n(j)$; le dispositif
15 comprenant :

- pour chaque voie d'émission j, N filtres d'identification F_{ij} à coefficients
variables pour estimer le couplage acoustique entre chacun des N
transducteurs de sortie (HP_i) et le transducteur d'entrée (MC_j) de la voie
d'émission j, et
- 20 - pour chaque filtre F_{ij} , des moyens d'adaptation des coefficients du filtre
en fonction d'un pas d'adaptation $\mu_n(i,j)$, et des moyens de calcul du pas
d'adaptation $\mu_n(i,j)$.

Conformément à l'invention, ce dispositif est remarquable en ce qu'il
comporte :

- 25 - des moyens d'estimation de la puissance instantanée $P1n_i$ de chaque
signal d'entrée $X2n(i)$, et de celle $P2n_j$ de chaque signal de sortie $Y1n(j)$;
- des moyens de calcul, pour chaque voie d'émission j, de N variables de
couplage $COR(j,i)$, i variant de 1 à N, chacune desquelles étant caractéristique

du couplage acoustique existant entre le signal de sortie $Y1n(j)$ de la voie d'émission et un des N signaux d'entrée $X2n(i)$;

les moyens de calcul du pas d'adaptation $\mu_n(i,j)$ pour un filtre Fij associé à une voie de réception i et à une voie d'émission j étant aptes à calculer le pas d'adaptation $\mu_n(i,j)$ en fonction des puissances estimées $P1n_i$, i variant de 1 à N, pour les N voies de réception, de la puissance $P2n_j$ estimée pour la voie d'émission j , et en fonction des N variables de couplage $COR(j, i)$, i variant de 1 à N, associées à la voie d'émission j .

Selon un mode de réalisation préféré, un pas d'adaptation $\mu_n(i, j)$ pour un filtre Fij associé à une voie de réception i et à une voie d'émission j , est obtenu selon l'équation suivante :

$$\mu_n(i, j) = \frac{P1n_i}{b_i \cdot P1n_i + COR(j, i) \cdot P2n_j + \sum_{k \neq i} COR(j, k) \cdot P1n_k}$$

où b_i est une constante positive.

D'autres particularités et avantages de l'invention apparaîtront encore dans la description ci-après de modes préférés de réalisation, faite à l'appui des dessins annexés, sur lesquels

- la figure 1 est un schéma-bloc d'un dispositif de traitement d'écho monovoie à gains variables, selon un premier mode de réalisation de l'invention ;

- la figure 2 est un schéma-bloc d'un dispositif de traitement d'écho monovoie selon un second mode de réalisation de l'invention, le dispositif combinant un système à gains variables et un système d'annulation d'écho ;

- la figure 3 est un schéma-bloc d'un dispositif d'annulation d'écho monovoie selon un troisième mode de réalisation de l'invention ;

- la figure 4 est un schéma-bloc d'un dispositif d'annulation d'écho monovoie selon un quatrième mode de réalisation de l'invention ;

- la figure 5 est un schéma-bloc d'un dispositif de traitement d'écho monovoie selon l'invention combinant les premier et quatrième modes de réalisation de l'invention ;

- la figure 6 est un schéma-bloc d'un dispositif de traitement d'écho multivoies à gains variables selon un cinquième mode de réalisation de l'invention ; et

- la figure 7 est un schéma-bloc d'un dispositif d'annulation d'écho multivoies selon un sixième mode de réalisation de l'invention.

10 La **figure 1** montre un dispositif de traitement d'écho monovoie à gains variables, selon un premier mode de réalisation de l'invention. Ce dispositif est intégré par exemple dans un poste téléphonique mains libres.

Comme représenté à la figure 1, ce dispositif reçoit et émet des signaux numériques $X1n$, $Y2n$ appelés respectivement signal direct et signal de retour.

Le dispositif de traitement d'écho comporte un module 36 de calcul de gains en réception (Gr_n) et en émission (Ge_n). Le gain en réception Gr_n est appliqué au signal direct $X1n$ au moyen d'un multiplieur 10 afin d'obtenir un signal d'entrée $X2n$ émis dans un système générateur d'écho 26.

20 De même, le gain en émission Ge_n est appliqué à un signal de sortie $Y1n$ issu du système générateur d'écho, au moyen d'un multiplieur 12 afin de produire le signal de retour $Y2n$.

Le signal d'entrée $X2n$ est délivré à un haut-parleur 22 via un convertisseur numérique analogique (CNA) 14 et un amplificateur 18. L'amplificateur 18 est typiquement à gain variable, de sorte qu'un utilisateur du dispositif puisse régler à sa convenance le volume du son délivré par le haut-parleur 22.

De manière similaire, le signal de sortie $Y1n$ est obtenu à partir d'un microphone 24, via un amplificateur 20 et un convertisseur analogique numérique (CAN) 16.

Dans l'exemple représenté, le dispositif comporte un seul haut-parleur 22 et un seul microphone 24 faisant partie du système 26 générateur d'écho.

Cependant, le dispositif de l'invention représenté à la figure 1 s'applique également à un système dans lequel le signal d'entrée X2n est émis dans le système générateur d'écho au moyen de plusieurs haut-parleurs (22) diffusant le même signal sonore, et dans lequel le signal de sortie Y1n est obtenu à partir
 5 du système générateur d'écho par l'intermédiaire de plusieurs microphones (24).

Conformément à l'invention, le dispositif de traitement d'écho comporte un module 30 de calcul d'une variable de couplage, désignée ici par "COR", caractéristique du couplage acoustique existant entre le signal direct X1n ou le
 10 signal d'entrée X2n, et le signal de sortie Y1n.

A cet effet, le module de calcul 30 comprend une unité de calcul 34. La variable de couplage COR est calculée par l'unité 34 puis utilisée par le module 36 de calcul de gains, pour calculer les gains en réception et en émission Gr_n, Ge_n.

15 Selon le mode de réalisation représenté sur la fig. 1, le module 30 de calcul de la variable de couplage (COR) comprend une unité 28 d'estimation de la puissance instantanée (P1n) du signal d'entrée X2n et/ou du signal direct X1n, et une unité d'estimation de celle (P2n) du signal de sortie Y1n.

Dans ce mode de réalisation, le module 36 de calcul de gains est conçu
 20 pour calculer les gains en réception et en émission Gr_n, Ge_n sur la base d'une variable G calculée, par l'unité de calcul 34, en fonction d'une part, de la puissance estimée P1n du signal direct et/ou du signal d'entrée, et de la puissance estimée P2n du signal de sortie, et, d'autre part, en fonction de la variable de couplage COR.

25 Selon un mode de réalisation préféré de l'invention, la variable G est déterminée par l'unité 34 de calcul selon l'équation suivante :

$$G = \frac{P2n}{P2n + COR \cdot P1n} \quad (1)$$

où P1n et P2n désignent respectivement une estimation à l'instant considéré de la puissance du signal direct X1n ou du signal d'entrée X2n, et du
 30 signal de sortie Y1n.

Ainsi, un niveau de corrélation important (couplage fort) entre le signal direct $X1n$ ou le signal d'entrée $X2n$, et le signal de sortie $Y1n$, conduira à une valeur faible de la variable G de manière à supprimer l'écho, alors qu'un couplage faible aura l'effet inverse sur la variable G .

5 Selon une implémentation préférée de l'invention, les gains en réception Gr_n et en émission Ge_n sont alors déterminés de façon récursive par le module 36 de calcul de gains, selon les équations suivantes :

$$\begin{aligned} Ge_n &= \gamma \cdot Ge_{n-1} + (1 - \gamma) \cdot G \\ Gr_n &= 1 - \delta \cdot Ge_n \end{aligned} \quad (2)$$

où Ge_{n-1} désigne la valeur du gain en émission à l'instant de calcul précédent, et γ et δ désignent des constantes positives inférieures à 1.

Le calcul de gains ci-dessus (équation (2)), donné à titre d'exemple de réalisation, dérive d'un mode de calcul exposé dans le document brevet N° 2 748 184, modifié conformément à l'invention par la prise en compte dans celui-ci de la variable G définie plus haut (équation (1)).

15 Selon une implémentation particulière, de bons résultats ont été obtenus avec γ égal à 0,95 pour un calcul effectué à la fréquence de 8 kiloHertz (kHz).

Avec le mode de calcul ci-dessus, les gains en réception et en émission sont directement liés à la variable G , ce qui permet de traiter l'écho de manière adaptative en fonction des caractéristiques réelles du système générateur d'écho. En outre, la plage de variation du gain en émission Ge_n est une fonction décroissante de la variable G , ce qui permet d'améliorer automatiquement, par
20 une augmentation du gain, la qualité sonore perçue par le locuteur distant, lorsque la composante d'écho du signal capté par le microphone diminue.

Par ailleurs, on notera que ces avantages ont été obtenus sans recourir
25 à des détecteurs d'activité vocale ou de double parole, qui sont des éléments complexes et de fiabilité parfois insuffisante dans les dispositifs de traitement d'écho connus.

Calcul de la variable de couplage (COR)

30 Conformément à l'invention, la variable de couplage COR – qui caractérise le couplage acoustique existant entre le signal direct $X1n$ (ou le

signal d'entrée $X2n$), et le signal de sortie $Y1n$ – est obtenue à partir d'un calcul de corrélation entre le signal direct $X1n$ (ou le signal d'entrée $X2n$), et le signal de sortie $Y1n$.

On peut par exemple utiliser un calcul de corrélation d'enveloppes. Ainsi selon un mode de réalisation particulier, la variable de couplage COR est définie comme étant une fonction de la valeur maximale, $Maxcor$, de valeurs de corrélation $corr(j)$ entre le signal direct $X1n$ ou le signal d'entrée $X2n$, et le signal de sortie $Y1n$. Les valeurs de corrélation $corr(j)$ sont calculées sur une fenêtre temporelle considérée, chacune d'entre elles étant obtenue selon l'équation suivante :

$$corr(j) = \frac{\sum_{i=0}^{LM-1} P1(i) \cdot P2(i+j)}{\sum_{i=0}^{LM-1} P1^2(i)} \quad (3)$$

où : i représente un instant d'échantillonnage dans la fenêtre temporelle de calcul de durée LM , j représente une valeur de décalage entre les signaux d'entrée $X2n$ et de sortie $Y1n$; et $P1(t)$ et $P2(t)$ représentent respectivement une estimation à un instant t considéré de la puissance du signal direct $X1n$ ou du signal d'entrée $X2n$, et du signal de sortie $Y1n$.

En pratique, le calcul de corrélation d'enveloppes est effectué sur des fenêtres temporelles de 1 seconde pour chaque signal (entrée et sortie), et un décalage maximal de 300 millisecondes entre les signaux. Le calcul est effectué à une fréquence d'échantillonnage réduite de 125 Hertz.

Dans ce mode de réalisation, on obtient de très bons résultats avec la variable COR définie selon l'équation suivante :

$$COR = Exp(k \cdot Maxcor) \quad (4)$$

où Exp désigne la fonction exponentielle, et k est une constante positive.

En pratique, de très bons résultats ont été obtenus avec k égal à 3. Par ailleurs il est conseillé de limiter le terme $Exp(3 \cdot Maxcor)$ à 25, ce qui correspond à une corrélation maximum de 1,07.

En liaison avec la **figure 2** on va décrire un dispositif de traitement d'écho monovoie selon un second mode de réalisation de l'invention. Ce dispositif combine un système à gains variables, tel que décrit ci-dessus en référence à la figure 1, et un système d'annulation d'écho.

5 Le dispositif de traitement d'écho représenté à la figure 2, comporte comme celui représenté à la figure 1, un module 36 de calcul de gains en réception (Gr_n) et en émission (Ge_n), et un module 30 d'évaluation, au travers de la détermination de la variable COR, du couplage acoustique existant entre le signal direct $X1n$ ou le signal d'entrée $X2n$, et le signal de sortie $Y1n$. Les
10 caractéristiques et le fonctionnement des modules 30 et 36 de la figure 2 est identique à ceux de la figure 1.

Conformément à l'invention ce dispositif peut inclure en outre un dispositif d'annulation d'écho 40 recevant en entrée, d'une part, le signal d'entrée $X2n$ émis dans le système générateur d'écho 26, et d'autre part, un
15 signal $Y3n$ issu du système générateur d'écho 26. Le système d'annulation d'écho 40 comprend, de manière classique, un filtre d'identification 42 à réponse impulsionnelle finie représentative de la réponse du système générateur d'écho (26).

En fonctionnement, le filtre d'identification 42 produit un signal de filtrage
20 Sn , et soustrait, au moyen d'un soustracteur 44, le signal de filtrage Sn du signal $Y3n$. Il produit alors le signal de sortie $Y1n$ qui est reçu en entrée par le multiplieur 12 afin de lui appliquer un gain en émission Ge_n , calculé par le module 36.

Dans ce mode de réalisation, le système est initialisé avec l'annuleur
25 d'écho 40 inactif (il n'a pas encore convergé) de manière à garantir la stabilité sans Larsen. Ensuite, lorsque le filtre d'identification 42 a convergé, une évaluation du couplage (variable COR) est effectuée, de manière non intrusive, par le module 30. Le calcul de corrélation est mesuré dans ce mode de réalisation, entre le signal direct $X1n$ ou le signal d'entrée $X2n$, et le signal $Y1n$
30 qui est ici le signal "résidu" issu de l'annuleur d'écho (40). Ensuite, le couplage acoustique est évalué de manière cyclique de façon à adapter

automatiquement la valeur des gains en émission et en réception en fonction des variations du couplage acoustique.

Dans ce mode de réalisation, on cumule les effets d'un dispositif d'annulation d'écho (40) classique, avec un dispositif de traitement d'écho à gains variables (fig. 1) conforme à l'invention, pour obtenir un traitement optimal de l'écho.

En pratique, dans ce mode de réalisation, on obtient de très bons résultats avec la variable COR, fonction de Maxcor (cf. définition supra), définie comme suit :

$$COR = 0,75 \cdot \text{Exp}(\text{Maxcor}) \quad (5)$$

En liaison avec la **figure 3**, on va à présent décrire un dispositif d'annulation d'écho monovoie, selon un troisième mode de réalisation de l'invention. Dans ce mode de réalisation, le principe de l'estimation du couplage acoustique entre des signaux d'entrée et de sortie d'un système générateur d'écho, avec calcul de variable de couplage (COR) tel que décrit supra, est appliqué au calcul du pas d'adaptation du filtre d'un dispositif d'annulation d'écho.

Comme représenté à la figure 3, un dispositif d'annulation d'écho selon l'invention comprend classiquement un filtre d'identification 42 à réponse impulsionnelle finie représentative de la réponse du système générateur d'écho 26. Le système générateur d'écho est constitué par l'ensemble formé du haut-parleur 22, du microphone 24, et de leur environnement physique (murs, bruit de fond, etc.).

Le filtre 42 reçoit en entrée un signal d'entrée X_{2n} qui est émis dans le système générateur d'écho 26 (via un CNA 14 et un amplificateur 18), et génère un signal de filtrage S_n .

Le dispositif d'annulation d'écho comprend un soustracteur 44 qui reçoit en entrée, d'une part un signal Y_{3n} issu du système générateur d'écho (via un amplificateur 20 et un CAN 16). Par conséquent, au moins une composante du signal Y_{3n} est une réponse du système générateur d'écho au signal d'entrée X_{2n} .

D'autre part, le soustracteur 44 reçoit en entrée le signal de filtrage S_n , et soustrait ainsi le signal de filtrage S_n du signal Y_{3n} pour produire un signal de sortie Y_{1n} .

Le dispositif d'annulation d'écho comprend un module de mise à jour 46
5 des coefficients du filtre d'identification en fonction d'un pas d'adaptation μ_n . Il comprend enfin un module de calcul 50 du pas d'adaptation μ_n .

Le module 50 de calcul du pas d'adaptation du filtre comprend des unités 28, 48 d'estimation de la puissance, P_{1n} , du signal d'entrée X_{2n} , et de celle, P_{3n} , du signal Y_{3n} .

10 Le module 50 comporte en outre une unité 52 de calcul d'une variable de couplage, $COR2$, caractéristique du couplage acoustique existant entre le signal d'entrée X_{2n} , et le signal Y_{3n} issu du système générateur d'écho (26).

Le module 50 comporte enfin une unité 54 de calcul du pas.
Conformément à la présente invention, le pas d'adaptation μ_n du filtre
15 d'identification est calculé en fonction des puissances estimées P_{1n} , P_{3n} , et en fonction de la variable de couplage $COR2$.

Selon un mode de réalisation préféré de l'invention, le pas d'adaptation μ_n est obtenu selon l'équation suivante :

$$\mu_n = \frac{P_{1n}}{\alpha \cdot P_{1n} + COR2 \cdot P_{3n}} \quad (6)$$

20 où α est une constante positive, et, P_{1n} et P_{3n} désignent respectivement une estimation à l'instant considéré de la puissance du signal d'entrée X_{2n} , et de celle du signal Y_{3n} issu du système générateur d'écho.

L'évaluation de la variable de couplage $COR2$ précitée, permet ainsi de "piloter" le pas d'adaptation du filtre en fonction du couplage acoustique réel
25 existant entre le signal d'entrée et le signal de sortie du système générateur d'écho. Cela permet d'améliorer la réactivité du dispositif d'annulation d'écho en fonction de changements dans l'environnement acoustique du dispositif – par exemple, suite à une variation du volume de restitution sonore réglé par l'utilisateur du dispositif, ou une utilisation du dispositif dans un environnement
30 bruyé (rue, voiture,...) – et donc, d'améliorer le résultat du traitement de l'écho.

Selon le même principe que pour la variable COR définie plus haut en liaison avec la figure 1, la variable de couplage COR2 est obtenue à partir d'un calcul de corrélation entre le signal d'entrée X2n et le signal Y3n. En pratique, il s'agit également d'un calcul de corrélation d'enveloppes. Dans une
 5 implémentation préférée, la variable de couplage COR2 est définie comme étant une fonction de la valeur maximale, désignée par "Maxcor2", des valeurs de corrélation, désignées par "corr2(j)", calculées sur une fenêtre temporelle considérée. Chacune des valeurs de corrélation corr2(j) est calculée selon l'équation suivante :

$$10 \quad \text{corr2}(j) = \frac{\sum_{i=0}^{LM-1} P1(i) \cdot P3(i+j)}{\sum_{i=0}^{LM-1} P1^2(i)} \quad (7)$$

où :

i représente un instant d'échantillonnage dans la fenêtre temporelle de calcul de durée LM, j représente une valeur de décalage entre le signal d'entrée X2n et le signal Y3n ; et

15 P1(t) et P3(t) représentent respectivement une estimation à un instant t considéré de la puissance du signal d'entrée X2n, et de celle du signal Y3n.

Dans ce mode de réalisation, on obtient de très bons résultats avec la variable COR2 définie selon l'équation suivante :

$$20 \quad \text{COR2} = \frac{k}{\text{Maxcor2}} \quad (8)$$

où k est une constante positive.

Selon un quatrième mode de réalisation de l'invention, le dispositif d'annulation d'écho monovoie décrit ci-dessus peut être complété par un module de calcul d'une seconde variable de couplage, désignée par COR (par
 25 analogie avec celle de la fig. 1), caractéristique du couplage acoustique entre le signal d'entrée X2n du système générateur d'écho, et le signal de sortie Y1n issu du soustracteur 44 de l'annuleur d'écho.

La figure 4 représente un dispositif d'annulation d'écho conforme à ce quatrième mode de réalisation. Comme représenté à la figure 4, le dispositif d'annulation d'écho comporte un module de calcul 50 du pas d'adaptation μ_n de structure similaire à celui décrit en liaison avec la figure 3. Le dispositif
 5 comporte en outre une unité 30a de calcul d'une seconde variable de couplage, COR.

La variable COR est caractéristique du couplage acoustique entre le signal d'entrée X2n du système générateur d'écho 26 et le signal de sortie Y1n. La seconde variable de couplage COR est obtenue par un calcul de corrélation
 10 entre les signaux d'entrée X2n et de sortie Y1n.

La structure de l'unité 30a de calcul est similaire à l'unité 30 décrite plus haut en référence à la figure 1.

Dans le cadre du mode de réalisation illustré en liaison avec la figure 4, la seconde variable COR est obtenue selon le même principe que pour la
 15 variable COR définie plus haut en liaison à la figure 1, c'est-à-dire selon un calcul de corrélation d'enveloppes entre les signaux d'entrée X2n et de sortie Y1n. En particulier, la variable COR est définie comme étant une fonction de la valeur maximale, Maxcor, de valeurs de corrélation $\text{corr}(j)$ entre le signal d'entrée X2n et le signal de sortie Y1n.

20 La seconde variable de couplage COR calculée par l'unité 30a est fournie à l'unité 54 (voir fig. 3) de calcul du pas d'adaptation du filtre, de sorte que le pas d'adaptation μ_n est en outre calculé en fonction de la seconde variable de couplage COR.

En pratique, le pas d'adaptation μ_n est calculé selon l'équation suivante :

$$25 \quad \mu_n = \frac{COR}{COR2} \cdot \frac{P1n}{\alpha \cdot P1n + COR2 \cdot P3n} \quad (9)$$

où α est une constante positive, et, P1n et P3n désignent respectivement une estimation à l'instant considéré de la puissance du signal d'entrée X2n, et de celle du signal Y3n issu du système générateur d'écho.

Dans le mode de réalisation dans lequel la variable COR est une fonction
 30 prédéterminée, f, de la variable Maxcor, et la variable COR2 est une fonction

prédéterminée, g , de la variable $Maxcor2$ (voir définition plus haut), l'équation (9) ci-dessus peut donc être exprimée sous la forme suivante :

$$\mu_n = \frac{f(Maxcor)}{g(Maxcor2)} \cdot \frac{P1n}{\alpha \cdot P1n + COR2 \cdot P3n} \quad (9a)$$

Par la prise en compte additionnelle de la seconde variable de couplage (COR), il est possible de connaître l'état de convergence du filtre d'identification et de contrôler ainsi plus finement le pas d'adaptation.

Selon un autre mode de réalisation de l'invention, on peut combiner le dispositif de traitement d'écho décrit plus haut en liaison avec la figure 1 et celui décrit ci-dessus en liaison avec la figure 4. Un tel dispositif est illustré par la figure 5.

Sur la figure 5, les éléments référencés 10, 12, 36, 30 sont identiques à celles représentés à la figure 1 et constituent un dispositif selon l'invention de traitement d'écho monovoie à gains variables. D'autre part, les éléments 50, 46, 40 sont identiques à ceux du dispositif d'annulation d'écho représenté à la figure 4. Lorsque les blocs 30 et 50 sont adaptés de telle sorte que le bloc 30 puisse délivrer la variable COR au bloc 50 et ce dernier puisse calculer le pas d'adaptation du filtre 42 en fonction des variables COR, COR2 comme exposé supra, on obtient alors une combinaison des systèmes décrits en liaison avec les figures 1 et 4, permettant de cumuler les avantages procurés par chacun des deux systèmes.

La présente invention s'applique aussi à des dispositifs de traitement d'écho destinés à un système de communication multivoies.

Ainsi, en référence à la figure 6, on va maintenant décrire un dispositif de traitement d'écho multivoies à gains variables, selon un cinquième mode de réalisation de l'invention.

Comme représenté à la figure 6, un dispositif de traitement d'écho multivoies à gains variables selon l'invention, est destiné à être utilisé pour un système de communication multivoies comprenant une pluralité N de voies de

réception, N étant un entier supérieur ou égal à 2, et une pluralité M de voies d'émission, M étant un entier supérieur ou égal à 1.

Chacune, i , des N voies de réception comprend un transducteur de sortie HP_i , typiquement un haut-parleur, qui produit une onde de pression sonore en réponse à un signal d'entrée $X2n(i)$ issu d'un signal direct $X1n(i)$.

Chacune, j , des M voies d'émission comprend un transducteur d'entrée MC_j , typiquement un microphone, qui convertit une onde de pression sonore en un signal de sortie $Y1n(j)$.

Un tel dispositif de traitement d'écho est destiné à atténuer dans chaque signal de sortie $Y1n(j)$ des composantes d'écho provenant de tout ou partie des N signaux d'entrée $X2n(i)$, et résultant du couplage acoustique existant entre le microphone de la voie d'émission considérée et tout ou partie des N haut-parleurs.

Comme représenté sur la figure 6, un dispositif de traitement d'écho multivoies à gains variables selon l'invention, comprend un module 64 de calcul de gains en réception $Gr_n(i)$ et de gains en émission $Ge_n(j)$.

Il comprend en outre N multiplieurs 68 destinés à appliquer un gain en réception $Gr_n(i)$ à chaque signal direct $X1n(i)$ et produire le signal d'entrée $X2n(i)$ correspondant.

De façon similaire, le dispositif comprend des multiplieurs 66 pour appliquer un gain en émission $Ge_n(j)$ à chaque signal de sortie $Y1n(j)$ et produire un signal de retour $Y2n(j)$ correspondant.

Il comprend d'autre part, un module de calcul 62 chargé de calculer, pour chaque voie d'émission j , N variables de couplage $COR(j,i)$, i variant de 1 à N , chacune des N variables étant caractéristique du couplage acoustique existant entre le signal de sortie $Y1n(j)$ de la voie d'émission j considérée et un des N signaux d'entrée $X2n(i)$.

Conformément à l'invention, le module 64 de calcul de gains calcule chaque gain en réception $Gr_n(i)$, et chaque gain en émission $Ge_n(j)$ sur la base des N variables de couplage $COR(j,i)$ calculées pour la voie d'émission j associée.

Les avantages relatifs à ce mode de calcul de gains en ce qui concerne un couple donné (i,j) de voies de réception et d'émission, sont de même nature que ceux obtenus avec un dispositif monovoie à gains variables selon l'invention, décrit plus haut en liaison avec la figure 1.

5 Par ailleurs, selon un mode de réalisation préféré, le dispositif de traitement d'écho multivoies représenté à la figure 6, comprend un module de calcul de puissance (non représenté) apte à estimer la puissance instantanée, $P1n_i$, de chaque signal d'entrée $X2n(i)$, et de celle, $P2n_j$, de chaque signal de sortie $Y1n(j)$.

10 Dans ce mode de réalisation, chaque module 62 de calcul de variables de corrélation (COR) calcule en outre N variables $G(j, i)$, i variant de 1 à N, chacune desquelles étant déterminée en fonction de la puissance estimée $P1n_i$ d'un signal d'entrée $X2n(i)$, et de celle $P2n_j$ du signal de sortie $Y1n(j)$ de la voie d'émission considérée. Selon l'invention chacune des variables $G(j,i)$ est
15 obtenue selon l'équation suivante :

$$G(j,i) = \frac{P2n_j}{P2n_j + COR(j,i) \cdot P1n_i} \quad (10)$$

où $P1n_i$ et $P2n_j$ désignent respectivement une estimation à l'instant considéré de la puissance du signal d'entrée $X2n(i)$, et du signal de sortie $Y1n(j)$ considérés.

20 Chaque module 64 de calcul de gains calcule alors chaque gain en émission $Ge_n(j)$ sur la base des N variables $G(j,i)$, et en fonction de la variable de couplage $COR(j, i)$ correspondante.

Selon une implémentation préférée, chaque gain en émission $Ge_n(j)$ est déterminé à partir de la valeur minimale des N variables $G(j,i)$, i variant de 1 à
25 N, calculées pour la voie d'émission j associée.

En pratique, chaque gain en émission $Ge_n(j)$ est déterminé selon l'équation suivante :

$$Ge_n(j) = \gamma \cdot Ge_{n-1}(j) + (1 - \gamma) \cdot \min_i (G(j,i)) \quad (11)$$

où :

$Ge_{n-1}(j)$ désigne la valeur du gain en émission de la voie d'émission j à l'instant de calcul précédent,

γ désigne une constante positive inférieure à 1, et

$\min_i(G(j,i))$ désigne la valeur minimale des N variables $G(j,i)$, i variant de 1 à N .

En prenant la valeur minimale $\min_i(G(j,i))$ on applique à la voie j considérée le plus petit gain (c.-à-d., le plus grand affaiblissement), qui tient par conséquent compte de la valeur de couplage la plus grande dans tous les chemins d'écho possibles du système.

De préférence (mais non nécessairement) en combinaison avec le mode de calcul des gains en émission, exposé ci-dessus, tous les gains en réception $Gr_n(i)$ ont la même valeur déterminée selon l'équation suivante :

$$Gr_n(i) = 1 - \delta \cdot \max_j(Ge_n(j)) \quad (12)$$

où δ désigne une constante positive inférieure à 1, et $\max_j(Ge_n(j))$ désigne la valeur maximale des M gains en émission $Ge_n(j)$, j variant de 1 à M .

Cependant, selon une autre implémentation du dispositif représenté à la figure 6, chacun des gains en réception $Gr_n(i)$ est choisi égal à 1. Cette solution présente l'avantage de simplifier le mode de calcul des gains, tout en procurant de très bons résultats de traitement d'écho.

20

Calcul de chaque variable de couplage (COR(j,i))

Conformément à l'invention, chaque variable de couplage $COR(j,i)$ est obtenue à partir d'un calcul de corrélation entre le signal de sortie $Y1n(j)$ et le signal d'entrée $X2n(i)$, correspondants. Selon une implémentation préférée, on effectue un calcul de corrélation d'enveloppes.

25

En pratique, chaque variable de couplage $COR(j,i)$ est obtenue à partir de la valeur maximale, $Maxcor$, des valeurs de corrélation $corr_{ji}(d)$ entre le signal de sortie $Y1n(j)$ et le signal d'entrée $X2n(i)$ correspondants, ces valeurs de corrélation $corr_{ji}(d)$ étant calculées sur une fenêtre temporelle prédéfinie.

Chacune des valeurs de corrélation est obtenue selon l'équation suivante :

30

$$corr_{ji}(d) = \frac{\sum_{c=0}^{LM-1} P1n_i(c) \cdot P2n_j(c+d)}{\sum_{c=0}^{LM-1} P1n_i^2(c)} \quad (13)$$

où :

c représente un instant d'échantillonnage dans la fenêtre temporelle de calcul de durée LM,

5 d représente une valeur de décalage entre les signaux d'entrée $X2n(i)$ et de sortie $Y1n(j)$; et

$P1n_i(t)$ et $P2n_j(t)$ représentent respectivement une estimation à un instant t considéré de la puissance du signal d'entrée $X2n(i)$ et du signal de sortie $Y1n(j)$ considérés.

10

En liaison avec la **figure 7**, on va décrire un dispositif d'annulation d'écho multivoies selon un sixième mode de réalisation de l'invention. Ce mode de réalisation peut être considéré comme la généralisation au cas multivoies des dispositifs d'annulation d'écho monovoie décrits plus haut en liaison avec les figures 3 et 4.

15

Comme représenté à la figure 7, un dispositif d'annulation d'écho multivoies selon l'invention, comprend une pluralité N de voies de réception, N étant un entier supérieur ou égal à 2, et une pluralité M de voies d'émission, M étant un entier supérieur ou égal à 1.

20

Chacune, i, des N voies de réception comprenant un transducteur de sortie (haut-parleur) HP_i qui produit une onde de pression sonore en réponse à un signal d'entrée $X2n(i)$. D'autre part, chacune, j, des M voies d'émission comprend un transducteur d'entrée (microphone) MC_j qui convertit une onde de pression sonore en un signal de sortie $Y1n(j)$.

25

Par ailleurs, le dispositif d'annulation d'écho comprend, pour chaque voie d'émission j, N filtres d'identification F_{ij} à coefficients variables pour estimer le couplage acoustique entre chacun des N haut-parleurs HP_i et le microphone MC_j de la voie d'émission j. Il comprend d'autre part, pour chaque filtre F_{ij} , des

moyens d'adaptation (non représentés) des coefficients du filtre en fonction d'un pas d'adaptation $\mu_n(i,j)$, et des moyens de calcul (non représentés) du pas d'adaptation $\mu_n(i,j)$.

5 Chaque filtre F_{ij} associé à une voie de réception i et à une voie d'émission j génère un signal de filtrage qui est soustrait au signal de sortie $Y1n(j)$ pour fournir un signal filtré $Y2n(j)$.

Conformément à l'invention, le dispositif comprend en outre des moyens (non représentés) d'estimation de la puissance instantanée $P1n_i$ de chaque signal d'entrée $X2n(i)$, et de celle $P2n_j$ de chaque signal de sortie $Y1n(j)$.

10 Il comprend aussi des moyens de calcul (non représentés), pour chaque voie d'émission j , de N variables de couplage $COR(j,i)$ (i variant de 1 à N), chacune desquelles étant caractéristique du couplage acoustique existant entre le signal de sortie $Y1n(j)$ de la voie d'émission considérée et un des N signaux d'entrée $X2n(i)$.

15 Les moyens de calcul du pas d'adaptation $\mu_n(i,j)$ pour un filtre F_{ij} associé à une voie de réception i et à une voie d'émission j données, calculent le pas d'adaptation $\mu_n(i,j)$ en fonction :

- des puissances estimées $P1n_i$ (i variant de 1 à N) calculées pour les N voies de réception i ,
- 20 - de la puissance estimée $P2n_j$ calculée pour la voie d'émission j , et
- des N variables de couplage $COR(j, i)$, i variant de 1 à N , associées à la voie d'émission j considérée.

Calcul de chaque variable de couplage ($COR(j,i)$)

25 Dans ce mode de réalisation, chacune des variables de couplage $COR(j, i)$ est obtenue à partir d'un calcul de corrélation entre le signal de sortie $Y1n(j)$ et le signal d'entrée $X2n(i)$ associés au couple considéré de voies (i, j) de réception et d'émission.

De même que pour les autres modes de réalisation de l'invention décrits supra, selon une implémentation préférée, ce calcul de corrélation est un calcul de corrélation d'enveloppes.

En pratique, chaque variable de couplage $COR(j,i)$ est obtenue
 5 comme une fonction de la valeur maximale, $Maxcor(j,i)$, des valeurs de corrélation, $corr_{ji}(d)$, calculées sur une fenêtre temporelle considérée, chacune des valeurs de corrélation $corr_{ji}(d)$ étant calculée selon l'équation suivante :

$$corr_{ji}(d) = \frac{\sum_{c=0}^{LM-1} P1n_i(c) \cdot P2n_j(c+d)}{\sum_{c=0}^{LM-1} P1n_i^2(c)} \quad (14)$$

10 où :

c représente un instant d'échantillonnage dans la fenêtre temporelle de calcul de durée LM,

d représente une valeur de décalage entre les signaux d'entrée $X2n(i)$ et de sortie $Y1n(j)$; et

15 $P1n_i(t)$ et $P2n_j(t)$ représentent respectivement une estimation à un instant t considéré de la puissance du signal d'entrée $X2n(i)$, et du signal de sortie $Y1n(j)$.

En pratique, chaque variable de couplage $COR(j,i)$ est liée à la valeur maximale $Maxcor(j,i)$ des valeurs de corrélation $corr_{ji}(d)$, selon l'équation

20 suivante :

$$COR(j,i) = \frac{k}{Maxcor(j,i)} \quad (15)$$

où k est une constante positive.

Calcul du pas d'adaptation $\mu_n(i, j)$ pour un filtre Fij

Dans ce mode de réalisation, un pas d'adaptation $\mu_n(i, j)$ pour un filtre F_{ij} associé à une voie de réception i et à une voie d'émission j , est obtenu selon l'équation suivante :

$$\mu_n(i, j) = \frac{P1n_i}{b_i \cdot P1n_i + COR(j, i) \cdot P2n_j + \sum_{k \neq i} COR(j, k) \cdot P1n_k} \quad (16)$$

5 où b_i est une constante positive.

Grâce à la présence du terme $\sum_{k \neq i} COR(j, k) \cdot P1n_k$ dans l'expression du pas

$\mu_n(i, j)$ ci-dessus, les voies de réception, autres que la voie i considérée, ne viennent pas perturber la convergence du filtre F_{ij} , et cela, en provoquant une diminution automatique de la valeur du pas. D'autre part, la présence des variables $COR(j, k)$ permet de mesurer l'influence réelle des voies de réception autres que la voie i considérée, sur la voie d'émission j .

De façon similaire au cas monovoie décrit plus haut en liaison avec la figure 4, selon une variante de réalisation, le dispositif d'annulation d'écho multivoies représenté à la figure 7, peut comprendre en outre des moyens de calcul, pour chaque voie d'émission j , de N secondes variables de couplage $COR2(j, i)$, i variant de 1 à N .

Chacune des secondes variables de couplage est caractéristique du couplage acoustique existant entre le signal filtré $Y2n(j)$ de la voie d'émission j considérée et un des N signaux d'entrée $X2n(i)$.

20 Dans ce mode de réalisation, le pas d'adaptation $\mu_n(i, j)$ d'un filtre d'identification F_{ij} associé à une voie de réception i et à une voie d'émission j , est calculé en fonction des N premières variables $COR(j, i)$ et des N secondes variables de couplage $COR2(j, i)$.

Dans une implémentation préférée, le pas d'adaptation $\mu_n(i, j)$ pour un filtre F_{ij} associé à une voie de réception i et à une voie d'émission j , est obtenu selon l'équation suivante :

$$\mu_n(i, j) = \frac{COR(j, i)}{COR2(j, i)} \cdot \frac{P1n_i}{b_i \cdot P1n_i + COR(j, i) \cdot P2n_j + \sum_{k \neq i} COR(j, k) \cdot P1n_k} \quad (17)$$

où b_i est une constante positive.

On peut aussi combiner un dispositif de traitement d'écho multivoies à gains variables selon l'invention (fig. 6) et un dispositif d'annulation d'écho multivoies selon l'invention (fig. 7), pour en cumuler les avantages.

Dans ce cas, un tel dispositif multivoies (non représenté dans les dessins) comporte, pour chaque couple de voies de réception i et d'émission j , des moyens d'application de gains destinés à appliquer un gain en réception $Gr_n(i)$ sur le signal d'entrée $X2n(i)$, et un gain en émission $Ge_n(j)$ sur le signal filtré $Y2n(j)$.

Les gains $Gr_n(i)$, $Ge_n(j)$ sont alors calculés sur la base des N secondes variables de couplage $COR2(j, i)$ déterminées pour la voie d'émission j , selon le même principe que pour le dispositif décrit plus haut en relation avec la figure 6.

De manière pratique, les différents dispositifs de traitement d'écho selon la présente invention, décrits ci-dessus, peuvent être réalisés, de façon usuelle, en programmant un processeur spécialisé pour le traitement du signal (*digital signal processor* – DSP). Ils peuvent être également réalisés au moyen de circuits intégrés spécifiques (ASIC) dédiés à ces applications.

Bien entendu, la présente invention n'est nullement limitée aux modes de réalisation décrits ici, mais englobe, bien au contraire, toute variante à la portée de l'homme du métier.

REVENDEICATIONS

1. Dispositif de traitement d'écho pour atténuer dans un signal de retour Y2n des composantes d'écho d'un signal direct X1n, comprenant :

- 5 - des moyens de calcul de gains (36) en réception et en émission Gr_n , Ge_n ;
- des premiers moyens d'application de gain (10) pour appliquer le gain en réception Gr_n au signal direct et produire un signal d'entrée X2n émis dans un système générateur d'écho (26) ;
- 10 - des seconds moyens d'application de gain (12) pour appliquer le gain en émission Ge_n à un signal de sortie Y1n issu du système générateur d'écho (26) et produire le signal de retour Y2n ;

15 ledit dispositif étant **caractérisé** en ce qu'il comporte en outre des moyens de calcul (30) d'une variable de couplage, COR, caractéristique du couplage acoustique existant entre le signal direct X1n ou le signal d'entrée X2n, et le signal de sortie Y1n ; et en ce que lesdits moyens de calcul de gains (36) sont aptes à calculer les gains en réception et en émission Gr_n , Ge_n sur la base de ladite variable de couplage.

- 20 2. Dispositif de traitement d'écho selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens d'estimation (28, 32) de la puissance instantanée du signal direct X1n ou du signal d'entrée X2n, et de celle du signal de sortie Y1n, lesdits moyens de calcul de gains (36) étant aptes à calculer les gains en réception et en émission Gr_n , Ge_n sur la base d'une
- 25 variable G déterminée en fonction des puissances estimées du signal direct ou du signal d'entrée, et du signal de sortie, et en fonction de la variable de couplage COR, selon l'équation suivante :

$$G = \frac{P_{2n}}{P_{2n} + COR \cdot P_{1n}}$$

30 où P1n et P2n désignent respectivement une estimation à l'instant considéré de la puissance du signal direct X1n ou du signal d'entrée X2n, et du signal de sortie Y1n.

3. Dispositif de traitement d'écho selon la revendication 2, caractérisé en ce que les moyens de calcul de gains (36) déterminent de façon récursive les gains en réception Gr_n et en émission Ge_n selon les équations suivantes :

$$Ge_n = \gamma \cdot Ge_{n-1} + (1 - \gamma) \cdot G$$

$$Gr_n = 1 - \delta \cdot Ge_n$$

où Ge_{n-1} désigne la valeur du gain en émission à l'instant de calcul précédent, et γ et δ désignent des constantes positives inférieures à 1.

4. Dispositif de traitement d'écho selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la variable de couplage COR est obtenue à partir d'un calcul de corrélation entre le signal direct $X1n$ ou le signal d'entrée $X2n$, et le signal de sortie $Y1n$.

5. Dispositif de traitement d'écho selon la revendication 4, caractérisé en ce que ledit calcul de corrélation entre le signal direct $X1n$ ou le signal d'entrée $X2n$, et le signal de sortie $Y1n$, est un calcul de corrélation d'enveloppes.

6. Dispositif de traitement d'écho selon la revendication 5, caractérisé en ce que, selon ledit calcul de corrélation d'enveloppes, la variable de couplage COR est une fonction de la valeur maximale, $Maxcor$, de valeurs de corrélation $corr(j)$ entre le signal direct $X1n$ ou le signal d'entrée $X2n$, et le signal de sortie $Y1n$, lesdites valeurs de corrélation $corr(j)$ étant calculées sur une fenêtre temporelle considérée, chacune d'entre elles étant obtenue selon l'équation suivante :

$$corr(j) = \frac{\sum_{i=0}^{LM-1} P1(i) \cdot P2(i+j)}{\sum_{i=0}^{LM-1} P1^2(i)}$$

où : i représente un instant d'échantillonnage dans la fenêtre temporelle de calcul de durée LM , j représente une valeur de décalage entre les signaux d'entrée $X2n$ et de sortie $Y1n$; et $P1(t)$ et $P2(t)$ représentent respectivement une estimation à un instant t considéré de la puissance du signal direct $X1n$ ou
 5 du signal d'entrée $X2n$, et du signal de sortie $Y1n$.

7. Dispositif de traitement d'écho selon la revendication 6, caractérisé en ce que la variable de couplage COR est liée à la valeur maximale $Maxcor$ des valeurs de corrélation $corr(j)$ calculées sur une fenêtre
 10 temporelle de calcul considérée, selon l'équation suivante :

$$COR = Exp(k.Maxcor)$$

où Exp désigne la fonction exponentielle, et k est une constante positive.

8. Dispositif de traitement d'écho selon l'une quelconque des
 15 revendications précédentes, dans lequel le signal d'entrée $X2n$ est émis dans le système générateur d'écho au moyen d'au moins un haut-parleur (22), et dans lequel le signal de sortie $Y1n$ est obtenu à partir du système générateur d'écho par l'intermédiaire d'au moins un microphone (24).

20 9. Dispositif de traitement d'écho selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce qu'il inclut en outre un dispositif d'annulation d'écho (40) recevant en entrée, d'une part, ledit signal d'entrée $X2n$ émis dans le système générateur d'écho (26), et d'autre part, un signal $Y3n$ issu du système générateur d'écho (26), le dispositif d'annulation d'écho (40)
 25 comprenant un filtre d'identification (42) à réponse impulsionnelle finie représentative de la réponse du système générateur d'écho (26), le filtre d'identification (42) étant destiné à générer un signal de filtrage Sn , et comprenant des moyens (44) pour soustraire du signal $Y3n$ le signal de filtrage Sn , afin de produire ledit signal de sortie $Y1n$ qui est reçu en entrée par lesdits
 30 moyens d'application de gain en émission (12).

10. Dispositif d'annulation d'écho pour atténuer dans un signal de sortie Y1n des composantes d'écho d'un signal d'entrée X2n émis dans un système générateur d'écho (26), comprenant :

- un filtre d'identification (42) à réponse impulsionnelle finie
5 représentative de la réponse du système générateur d'écho (26), recevant en entrée le signal d'entrée X2n et générant un signal de filtrage Sn ;
- des moyens de soustraction (44) recevant en entrée, d'une part, un signal Y3n issu du système générateur d'écho (26), dont au moins une composante est une réponse du système générateur d'écho au signal d'entrée
10 X2n, et d'autre part le signal de filtrage Sn, pour soustraire du signal Y3n le signal de filtrage Sn, et produire le signal de sortie Y1n ;
- des moyens d'adaptation (46) des coefficients du filtre d'identification en fonction d'un pas d'adaptation μ_n ;
- des moyens de calcul (50) du pas d'adaptation μ_n ;
15 **caractérisé** en ce que les moyens de calcul (50) du pas d'adaptation comprennent des moyens d'estimation (28, 48) de la puissance, P1n, du signal d'entrée X2n, et de celle, P3n, du signal Y3n, et des moyens de calcul (52) d'une première variable de couplage, COR2, caractéristique du couplage acoustique existant entre le signal d'entrée X2n, et le signal Y3n issu du
20 système générateur d'écho (26) ; le pas d'adaptation μ_n du filtre d'identification étant calculé en fonction des puissances estimées P1n, P3n, et en fonction de la première variable de couplage COR2.

11. Dispositif selon la revendication 10, caractérisé en ce que le pas
25 d'adaptation μ_n est obtenu selon l'équation suivante :

$$\mu_n = \frac{P1n}{\alpha \cdot P1n + COR2 \cdot P3n}$$

où α est une constante positive, et, P1n et P3n désignent respectivement une estimation à l'instant considéré de la puissance du signal d'entrée X2n, et de celle du signal Y3n issu du système générateur d'écho.

12. Dispositif selon la revendication 10 ou 11, caractérisé en ce que la première variable de couplage COR2 est obtenue à partir d'un calcul de corrélation entre le signal d'entrée X2n et le signal Y3n.

5 13. Dispositif selon la revendication 12, caractérisé en ce que ledit calcul de corrélation entre le signal d'entrée X2n et le signal Y3n, est un calcul de corrélation d'enveloppes.

10 14. Dispositif selon la revendication 13, caractérisé en ce que la première variable de couplage COR2 est une fonction de la valeur maximale, Maxcor2, des valeurs de corrélation, corr2(j), calculées sur une fenêtre temporelle considérée, chacune des valeurs de corrélation corr2(j) étant calculée selon l'équation suivante :

$$corr2(j) = \frac{\sum_{i=0}^{LM-1} P1(i) \cdot P3(i+j)}{\sum_{i=0}^{LM-1} P1^2(i)}$$

15 où :

i représente un instant d'échantillonnage dans la fenêtre temporelle de calcul de durée LM, j représente une valeur de décalage entre le signal d'entrée X2n et le signal Y3n ; et

20 P1(t) et P3(t) représentent respectivement une estimation à un instant t considéré de la puissance du signal d'entrée X2n, et de celle du signal Y3n.

15. Dispositif selon la revendication 14, caractérisé en ce que la première variable de couplage COR2 est liée à la valeur maximale Maxcor2 desdites valeurs de corrélation corr2(j), selon l'équation suivante :

25
$$COR2 = \frac{k}{Maxcor2} \quad \text{où } k \text{ est une constante positive.}$$

16. Dispositif d'annulation d'écho selon l'une quelconque des revendications 10 à 15, caractérisé en ce que les moyens de calcul du pas

d'adaptation comprennent en outre des moyens de calcul (30a) d'une seconde variable de couplage, COR, caractéristique du couplage acoustique entre le signal d'entrée X2n du système générateur d'écho (26) et le signal de sortie Y1n, la seconde variable de couplage COR étant obtenue par un calcul de
 5 corrélation entre les signaux d'entrée X2n et de sortie Y1n ; le pas d'adaptation μ_n du filtre d'identification étant en outre calculé en fonction de la seconde variable de couplage COR.

17. Dispositif d'annulation d'écho selon la revendication 16,
 10 caractérisé en ce que la seconde variable de couplage COR est obtenue à partir d'un calcul de corrélation d'enveloppes entre les signaux d'entrée X2n et de sortie Y1n.

18. Dispositif d'annulation d'écho selon la revendication 17,
 15 caractérisé en ce que la seconde variable de couplage COR est une fonction de la valeur maximale, Maxcor, de valeurs de corrélation corr(j) entre le signal d'entrée X2n, et le signal de sortie Y1n, lesdites valeurs de corrélation corr(j) étant calculées sur une fenêtre temporelle considérée, chacune d'entre elles étant obtenue selon l'équation suivante :

$$20 \quad \text{corr}(j) = \frac{\sum_{i=0}^{LM-1} P1(i) \cdot P2(i+j)}{\sum_{i=0}^{LM-1} P1^2(i)}$$

où : i représente un instant d'échantillonnage dans la fenêtre temporelle de calcul, de durée LM ; j représente une valeur de décalage entre le signal d'entrée X2n et le signal de sortie Y1n ; et P1(t) et P2(t) représentent respectivement une estimation à un instant t considéré de la puissance du
 25 signal d'entrée X2n, et du signal de sortie Y1n.

19. Dispositif d'annulation d'écho selon la revendication 16, 17 ou 18, caractérisé en ce que le pas d'adaptation μ_n est calculé selon l'équation suivante :

$$\mu_n = \frac{COR}{COR2} \cdot \frac{P1n}{\alpha \cdot P1n + COR2 \cdot P3n}$$

5 où α est une constante positive, et, P1n et P3n désignent respectivement une estimation à l'instant considéré de la puissance du signal d'entrée X2n, et de celle du signal Y3n issu du système générateur d'écho.

20. Dispositif de traitement d'écho selon la revendication 9, dans lequel le dispositif d'annulation d'écho est tel que revendiqué dans l'une quelconque des revendications 10 à 15 ; le pas d'adaptation μ_n du filtre d'identification (42) étant calculé en fonction de la puissance estimée P1n du signal direct X1n ou du signal d'entrée X2n, de la puissance estimée P3n du signal Y3n issu du système générateur d'écho (26), et de ladite variable de couplage COR2.

21. Dispositif de traitement d'écho selon la revendication 9, dans lequel le dispositif d'annulation d'écho est tel que revendiqué dans l'une quelconque des revendications 16 à 19 ; le pas d'adaptation μ_n du filtre d'identification (42) étant calculé en fonction de la puissance estimée P1n du signal direct X1n ou du signal d'entrée X2n, de la puissance estimée P3n du signal Y3n issu du système générateur d'écho (26), et desdites variables de couplage COR, COR2.

22. Dispositif de traitement d'écho pour système de communication multivoies comprenant une pluralité N de voies de réception, N étant un entier supérieur ou égal à 2, et une pluralité M de voies d'émission, M étant un entier supérieur ou égal à 1 ; chacune, i, des N voies de réception comprenant un transducteur de sortie (HPI) qui produit une onde de pression sonore en réponse à un signal d'entrée X2n(i) issu d'un signal direct X1n(i) ; chacune, j,

des M voies d'émission comprenant un transducteur d'entrée (MCj) qui convertit une onde de pression sonore en un signal de sortie $Y1n(j)$; ledit dispositif de traitement d'écho étant destiné à atténuer dans chaque signal de sortie $Y1n(j)$ des composantes d'écho provenant de tout ou partie des N signaux d'entrée $X2n(i)$, et résultant du couplage acoustique existant entre le transducteur d'entrée de la voie d'émission considérée et tout ou partie des M transducteurs de sortie, ledit dispositif étant caractérisé en ce qu'il comporte :

- des moyens de calcul de gains en réception $Gr_n(i)$ et de gains en émission $Ge_n(j)$;
 - des moyens d'application de gains en réception pour appliquer un gain en réception $Gr_n(i)$ à chaque signal direct $X1n(i)$ et produire le signal d'entrée $X2n(i)$ correspondant ;
 - des moyens d'application de gains en émission pour appliquer un gain en émission $Ge_n(j)$ à chaque signal de sortie $Y1n(j)$ et produire un signal de retour $Y2n(j)$ correspondant ;
 - des moyens de calcul, pour chaque voie d'émission j, de N variables de couplage $COR(j,i)$, i variant de 1 à N, chacune desquelles étant caractéristique du couplage acoustique existant entre le signal de sortie $Y1n(j)$ de la voie d'émission et un des N signaux d'entrée $X2n(i)$;
- lesdits moyens de calcul de gains étant aptes à calculer chaque gain en réception $Gr_n(i)$ et chaque gain en émission $Ge_n(j)$ sur la base des N variables de couplage $COR(j,i)$ calculées pour la voie d'émission j associée.

23. Dispositif selon la revendication 22, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens d'estimation de la puissance instantanée, $P1n_i$, de chaque signal d'entrée $X2n(i)$, et de celle, $P2n_j$, de chaque signal de sortie $Y1n(j)$, lesdits moyens de calcul de gains en émission étant aptes à calculer chaque gain en émission $Ge_n(j)$ sur la base de N variables $G(j, i)$, i variant de 1 à N, chacune desquelles étant déterminée en fonction des puissances estimées d'un signal d'entrée $X2n(i)$, et du signal de sortie $Y1n(j)$ de la voie d'émission considérée, et en fonction de la variable de couplage $COR(j, i)$ correspondante, chacune des variables $G(j,i)$ étant obtenue selon l'équation suivante :

$$G(j,i) = \frac{P2n_j}{P2n_j + COR(j,i) \cdot P1n_i}$$

où $P1n_i$ et $P2n_j$ désignent respectivement une estimation à l'instant considéré de la puissance du signal d'entrée $X2n(i)$, et du signal de sortie $Y1n(j)$ considérés.

5

24. Dispositif selon la revendication 23, caractérisé en ce que chaque gain en émission $Ge_n(j)$ est déterminé à partir de la valeur minimale des N variables $G(j,i)$, i variant de 1 à N , calculées pour la voie d'émission j associée.

10 25. Dispositif selon la revendication 24, caractérisé en ce que chaque gain en émission $Ge_n(j)$ est déterminé selon l'équation suivante :

$$Ge_n(j) = \gamma \cdot Ge_{n-1}(j) + (1 - \gamma) \cdot \min_i(G(j,i))$$

où $Ge_{n-1}(j)$ désigne la valeur du gain en émission de la voie d'émission j à l'instant de calcul précédent, γ désigne une constante positive inférieure à 1, et
15 $\min_i(G(j,i))$ désigne la valeur minimale des N variables $G(j,i)$, i variant de 1 à N .

26. Dispositif selon la revendication 25, caractérisé en ce que tous les gains en réception $Gr_n(i)$ ont la même valeur déterminée selon l'équation suivante :

20
$$Gr_n(i) = 1 - \delta \cdot \max_j(Ge_n(j))$$

où δ désigne une constante positive inférieure à 1, et $\max_j(Ge_n(j))$ désigne la valeur maximale des M gains en émission $Ge_n(j)$, j variant de 1 à M .

27. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 22 à 25,
25 caractérisé en ce que chacun desdits gains en réception $Gr_n(i)$ est égal à 1.

28. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 22 à 27, caractérisé en ce que chaque variable de couplage $COR(j,i)$ est obtenue à partir d'un calcul de corrélation entre le signal de sortie $Y1n(j)$ et le signal d'entrée
30 $X2n(i)$, correspondants.

29. Dispositif selon la revendication 28, caractérisé en ce que le calcul de corrélation entre un signal de sortie $Y1n(j)$ et un signal d'entrée $X2n(i)$, est un calcul de corrélation d'enveloppes.

5

30. Dispositif selon la revendication 29, caractérisé en ce que, selon ledit calcul de corrélation d'enveloppes, chaque variable de couplage $COR(j,i)$ est une fonction de la valeur maximale, $Maxcor$, de valeurs de corrélation $corr_{ji}(d)$ entre le signal de sortie $Y1n(j)$ et le signal d'entrée $X2n(i)$, lesdites
10 valeurs de corrélation $corr_{ji}(d)$ étant calculées sur une fenêtre temporelle prédéfinie, chacune d'entre elles étant obtenue selon l'équation suivante :

$$corr_{ji}(d) = \frac{\sum_{c=0}^{LM-1} P1n_i(c) \cdot P2n_j(c+d)}{\sum_{c=0}^{LM-1} P1n_i^2(c)}$$

où : c représente un instant d'échantillonnage dans la fenêtre temporelle de calcul de durée LM , d représente une valeur de décalage entre les signaux
15 d'entrée $X2n(i)$ et de sortie $Y1n(j)$; et $P1n_i(t)$ et $P2n_j(t)$ représentent respectivement une estimation à un instant t considéré de la puissance du signal d'entrée $X2n(i)$, et du signal de sortie $Y1n(j)$.

31. Dispositif d'annulation d'écho pour système de communication
20 multivoies comprenant une pluralité N de voies de réception, N étant un entier supérieur ou égal à 2, et une pluralité M de voies d'émission, M étant un entier supérieur ou égal à 1 ; chacune, i , des N voies de réception comprenant un transducteur de sortie (HPI) qui produit une onde de pression sonore en réponse à un signal d'entrée $X2n(i)$; chacune, j , des M voies d'émission
25 comprenant un transducteur d'entrée (MCj) qui convertit une onde de pression sonore en un signal de sortie $Y1n(j)$; le dispositif comprenant :

- pour chaque voie d'émission j , N filtres d'identification Fij à coefficients variables pour estimer le couplage acoustique entre chacun des N

transducteurs de sortie (HPI) et le transducteur d'entrée (MCj) de la voie d'émission j, et

- pour chaque filtre Fij, des moyens d'adaptation des coefficients du filtre en fonction d'un pas d'adaptation $\mu_n(i,j)$, et des moyens de calcul du pas d'adaptation $\mu_n(i,j)$;

le dispositif étant **caractérisé** en ce qu'il comporte :

- des moyens d'estimation de la puissance instantanée $P1n_i$ de chaque signal d'entrée $X2n(i)$, et de celle $P2n_j$ de chaque signal de sortie $Y1n(j)$;
- des moyens de calcul, pour chaque voie d'émission j, de N variables de couplage $COR(j,i)$, i variant de 1 à N, chacune desquelles étant caractéristique du couplage acoustique existant entre le signal de sortie $Y1n(j)$ de la voie d'émission et un des N signaux d'entrée $X2n(i)$;

les moyens de calcul du pas d'adaptation $\mu_n(i,j)$ pour un filtre Fij associé à une voie de réception i et à une voie d'émission j étant aptes à calculer le pas d'adaptation $\mu_n(i,j)$ en fonction des puissances estimées $P1n_i$, i variant de 1 à N, pour les N voies de réception, de la puissance $P2n_j$ estimée pour la voie d'émission j, et en fonction des N variables de couplage $COR(j, i)$, i variant de 1 à N, associées à la voie d'émission j.

32. Dispositif selon la revendication 31, caractérisé en ce qu'un pas d'adaptation $\mu_n(i, j)$ pour un filtre Fij associé à une voie de réception i et à une voie d'émission j, est obtenu selon l'équation suivante :

$$\mu_n(i, j) = \frac{P1n_i}{b_i \cdot P1n_i + COR(j, i) \cdot P2n_j + \sum_{k \neq i} COR(j, k) \cdot P1n_k}$$

où b_i est une constante positive.

25

33. Dispositif selon la revendication 31 ou 32, caractérisé en ce qu'une variable de couplage $COR(j,i)$ est obtenue à partir d'un calcul de corrélation entre le signal de sortie $Y1n(j)$ et le signal d'entrée $X2n(i)$.

34. Dispositif selon la revendication 33, caractérisé en ce que ledit calcul de corrélation entre le signal de sortie $Y1n(j)$ et le signal d'entrée $X2n(i)$, est un calcul de corrélation d'enveloppes.

5

35. Dispositif selon la revendication 34, caractérisé en ce qu'une variable de couplage $COR(j,i)$ est une fonction de la valeur maximale, $Maxcor(j,i)$, des valeurs de corrélation, $corr_{ji}(d)$, calculées sur une fenêtre temporelle considérée, chacune des valeurs de corrélation $corr_{ji}(d)$ étant

10 calculée selon l'équation suivante :

$$corr_{ji}(d) = \frac{\sum_{c=0}^{LM-1} P1n_i(c) \cdot P2n_j(c+d)}{\sum_{c=0}^{LM-1} P1n_i^2(c)}$$

où :

c représente un instant d'échantillonnage dans la fenêtre temporelle de calcul de durée LM, d représente une valeur de décalage entre les signaux

15 d'entrée $X2n(i)$ et de sortie $Y1n(j)$; et $P1n_i(t)$ et $P2n_j(t)$ représentent respectivement une estimation à un instant t considéré de la puissance du signal d'entrée $X2n(i)$, et du signal de sortie $Y1n(j)$.

36. Dispositif selon la revendication 35, caractérisé en ce que la

20 variable de couplage $COR(j,i)$ est liée à la valeur maximale $Maxcor(j,i)$ desdites valeurs de corrélation $corr_{ji}(d)$, selon l'équation suivante :

$$COR(j,i) = \frac{k}{Maxcor(j,i)} \quad \text{où } k \text{ est une constante positive.}$$

37. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 31 à 36, dans

25 lequel chaque filtre F_{ij} associé à une voie de réception i et à une voie

d'émission j génère un signal de filtrage qui est soustrait au signal de sortie $Y1n(j)$ pour fournir un signal filtré $Y2n(j)$,

caractérisé en ce qu'il comporte en outre des moyens de calcul, pour chaque voie d'émission j, de N secondes variables de couplage $COR2(j,i)$, i variant de 1 à N, chacune desquelles étant caractéristique du couplage
 5 acoustique existant entre le signal filtré $Y2n(j)$ de la voie d'émission et un des N signaux d'entrée $X2n(i)$; le pas d'adaptation $\mu_n(i,j)$ d'un filtre d'identification Fij associé à une voie de réception i et à une voie d'émission j étant en outre calculé en fonction desdites N secondes variables de couplage $COR2(j,i)$.

10

38. Dispositif selon la revendication 37, caractérisé en ce qu'un pas d'adaptation $\mu_n(i, j)$ pour un filtre Fij associé à une voie de réception i et à une voie d'émission j, est obtenu selon l'équation suivante :

$$\mu_n(i, j) = \frac{COR(j, i)}{COR2(j, i)} \cdot \frac{P1n_i}{b_i \cdot P1n_i + COR(j, i) \cdot P2n_j + \sum_{k \neq i} COR(j, k) \cdot P1n_k}$$

15 où b_i est une constante positive.

39. Dispositif selon la revendication 37 ou 38, caractérisé en ce qu'il comporte en outre, pour chaque couple de voies de réception i et d'émission j, des moyens d'application de gains pour appliquer un gain en réception $Gr_n(i)$
 20 sur le signal d'entrée $X2n(i)$, et un gain en émission $Ge_n(j)$ sur le signal filtré $Y2n(j)$; lesdits gains $Gr_n(i)$, $Ge_n(j)$ étant calculés sur la base des N secondes variables de couplage $COR2(j,i)$ déterminées pour la voie d'émission j.

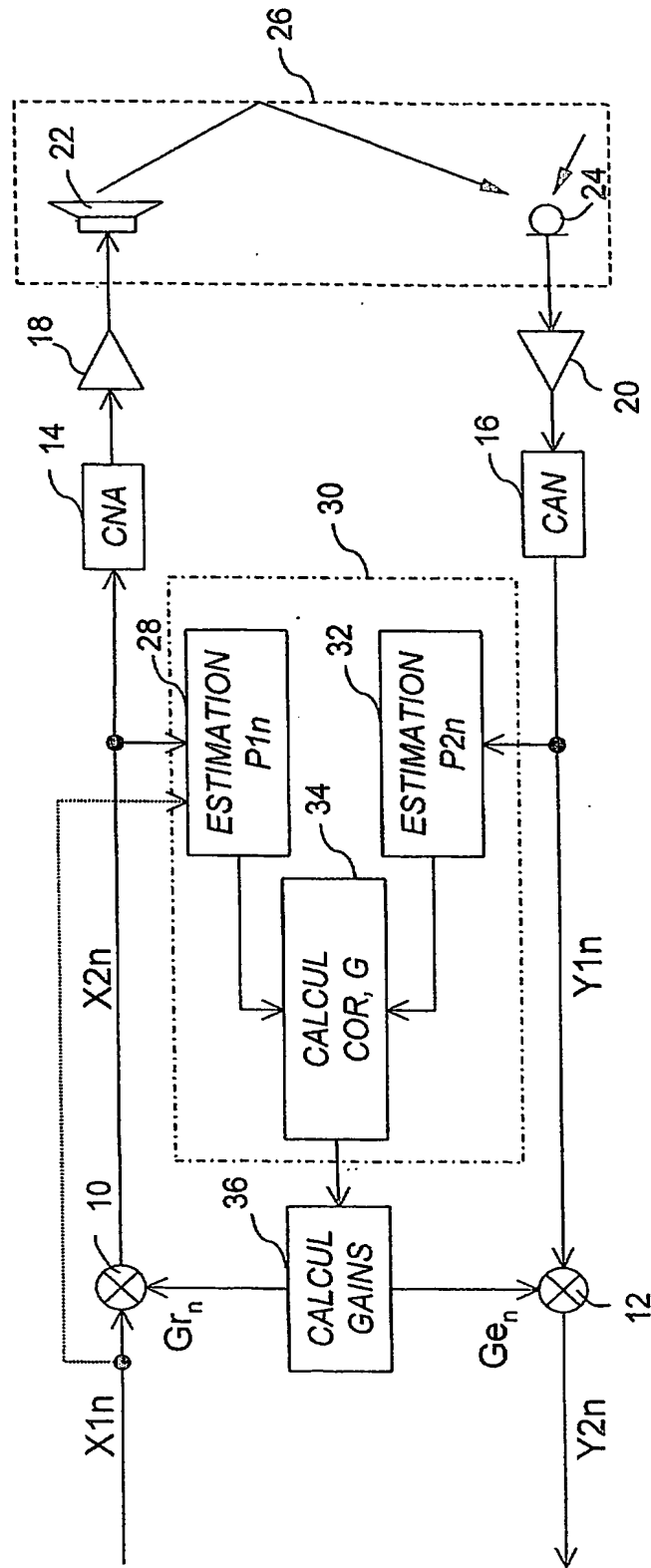


FIG. 1

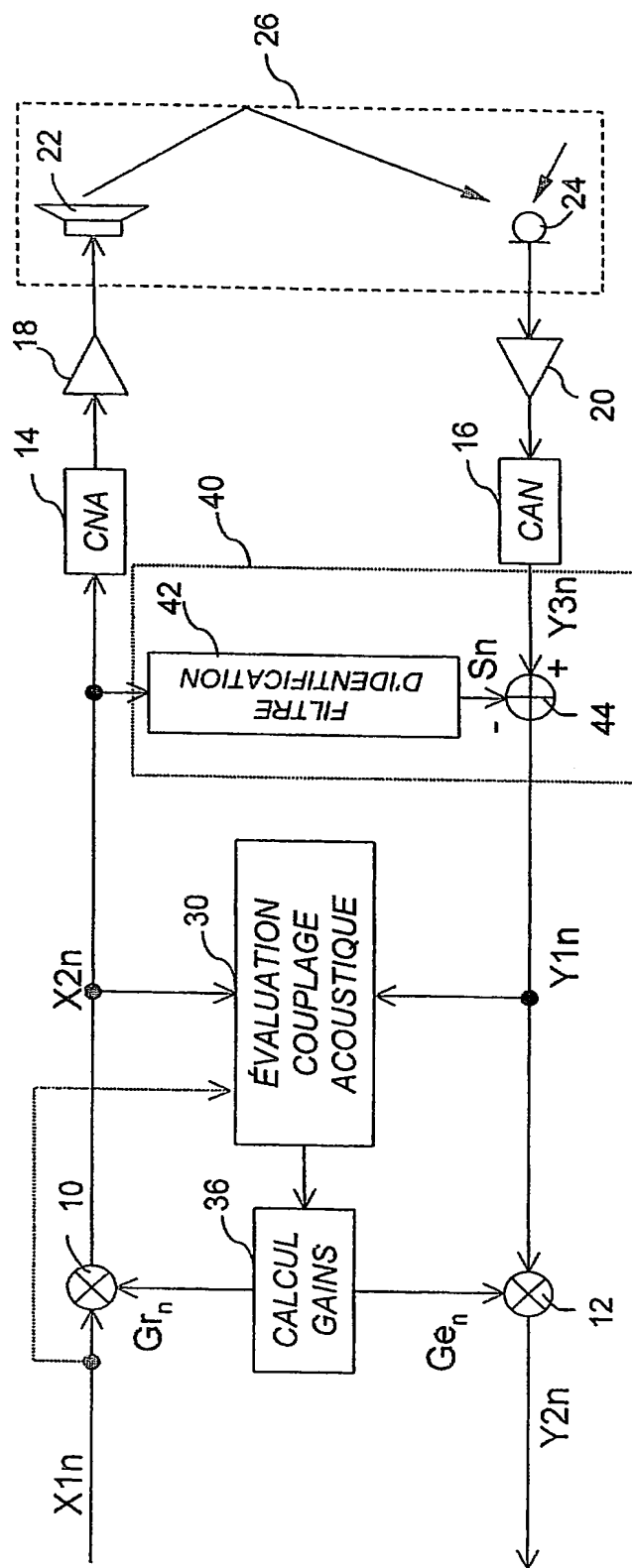


FIG. 2

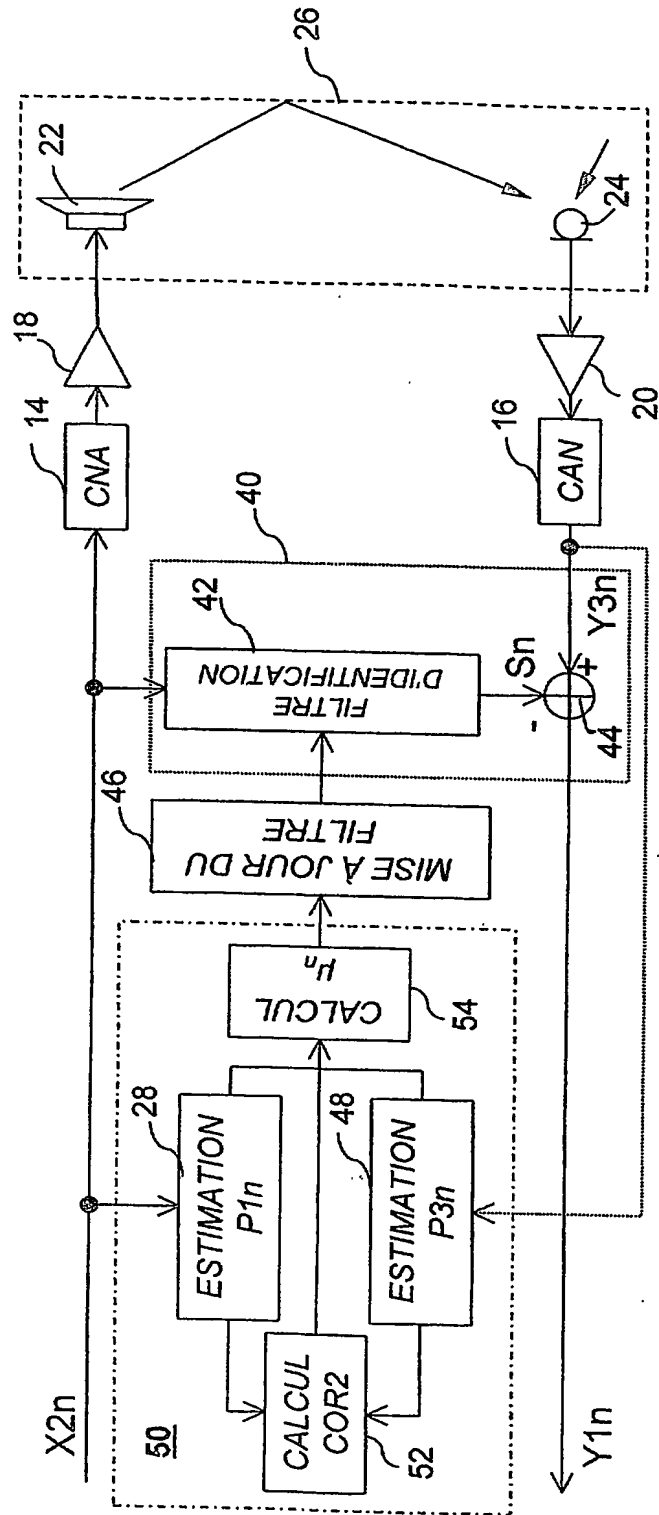


FIG. 3

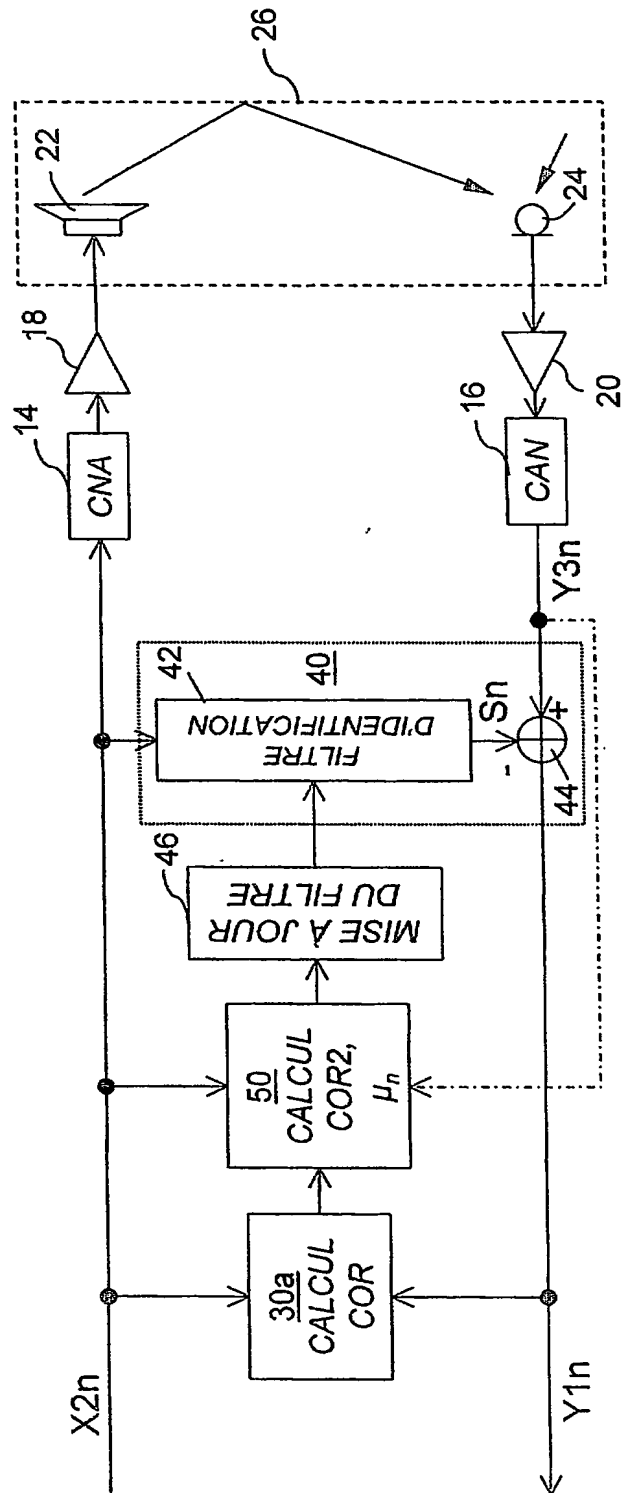


FIG. 4

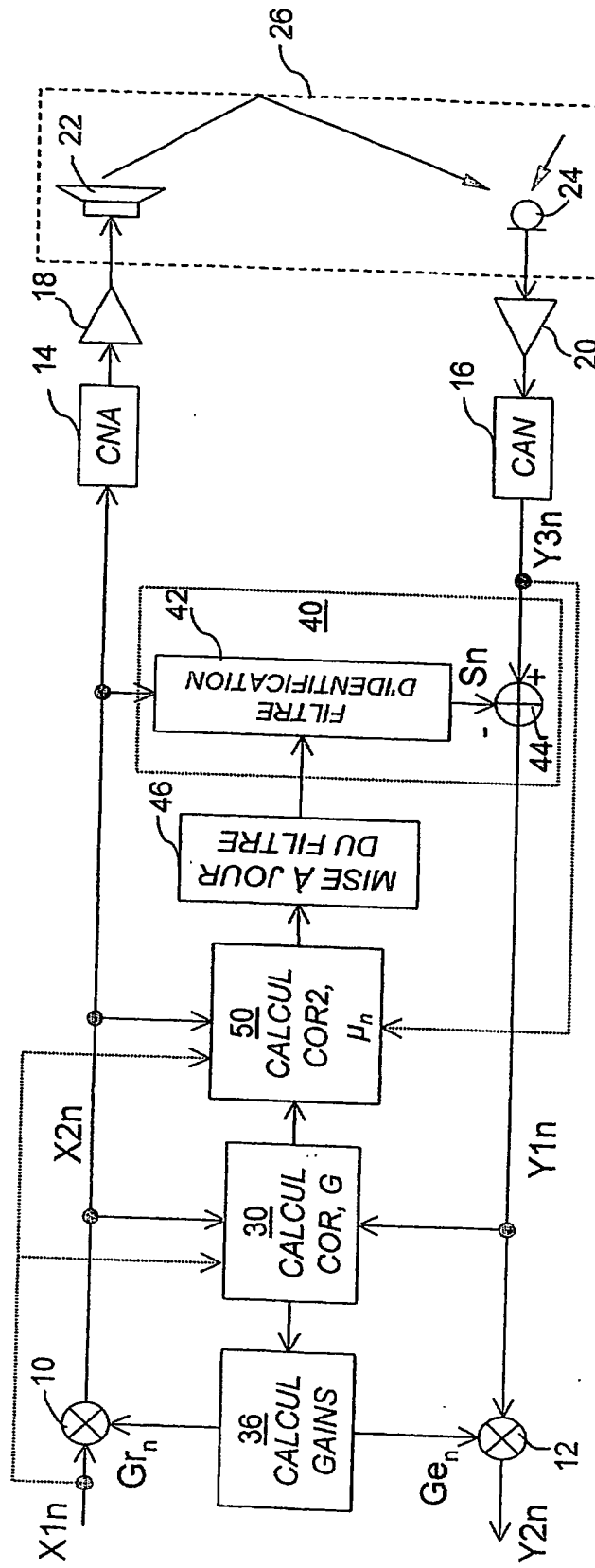


FIG. 5

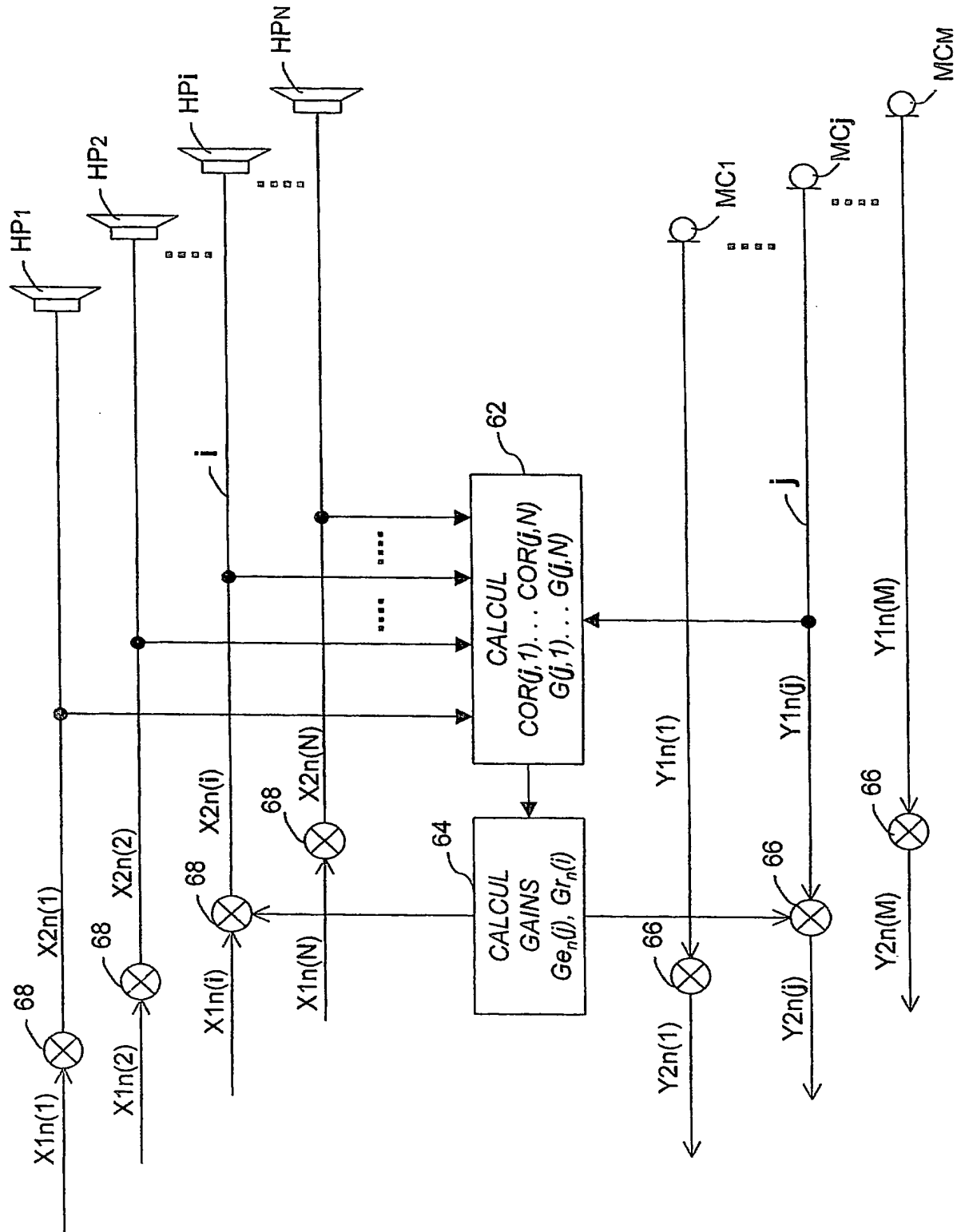


FIG. 6

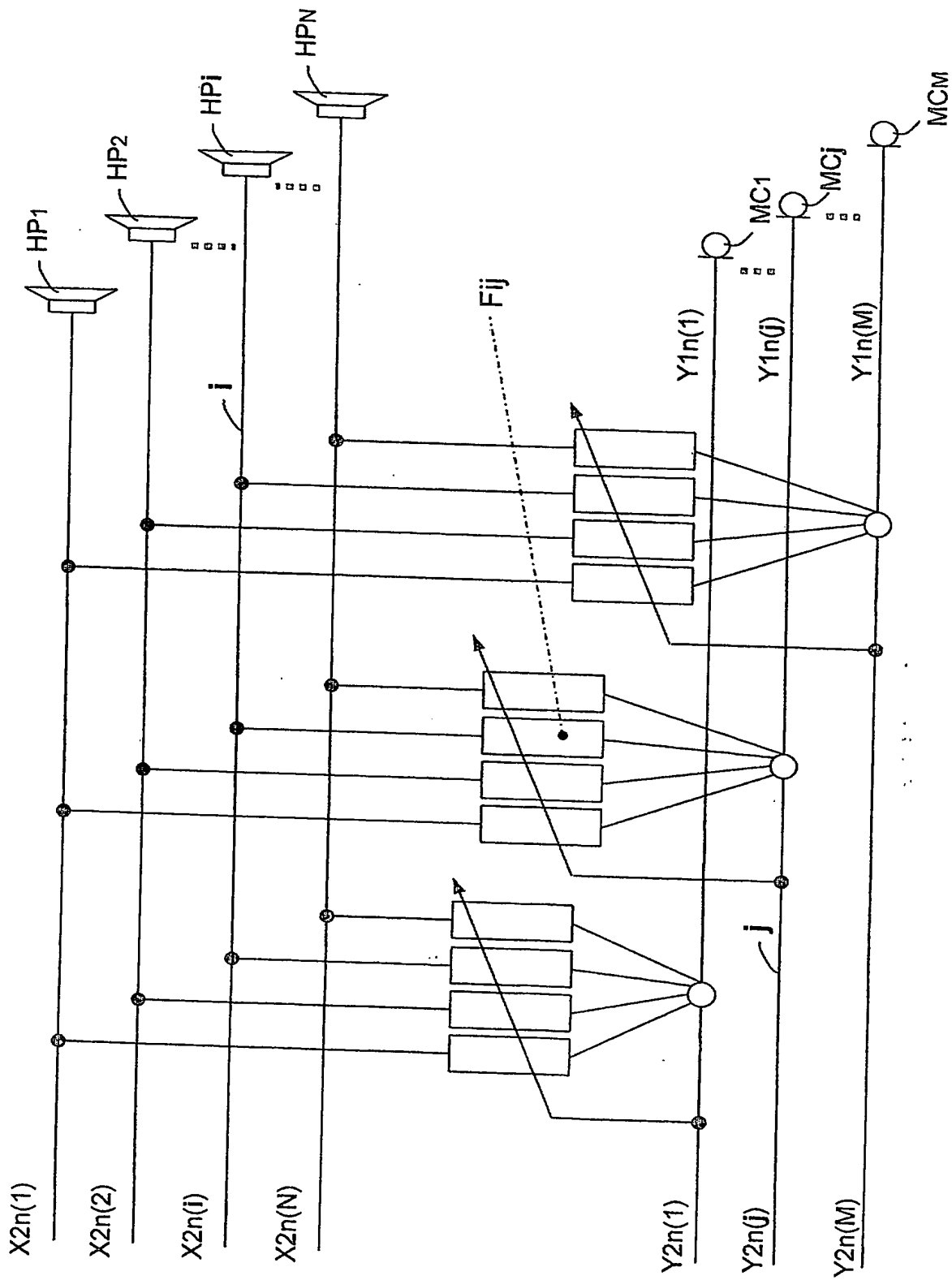


FIG. 7



BREVET D'INVENTION
CERTIFICAT D'UTILITÉ
 Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 11 235*02

DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg
 75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 93 59 30

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1./1..

(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 W / 760399

Vos références pour ce dossier (facultatif)		04293	
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL		0208056	
TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)			
DISPOSITIFS DE TRAITEMENT D'ECHO POUR SYSTEME DE COMMUNICATION DE TYPE MONOVOIE OU MULTIVOIES			
LE(S) DEMANDEUR(S) :			
FRANCE TELECOM			
6, place d'Alleray 75015 PARIS			
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) : (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages).			
Nom		AUVRAY	
Prénoms		Monique	
Adresse	Rue	13, rue Giuseppe Verdi	
	Code postal et ville	22300	LANNION
Société d'appartenance (facultatif)		France Télécom	
Nom		LE TOURNEUR	
Prénoms		Grégoire	
Adresse	Rue	Ker Noel	
	Code postal et ville	22700	SAINT QUAY PERROS
Société d'appartenance (facultatif)		France Télécom	
Nom		THOMAS	
Prénoms		Jean-Philippe	
Adresse	Rue	8, rue Kergall	
	Code postal et ville	22660	TREVOU TREGUIGNEC
Société d'appartenance (facultatif)		France Télécom	
DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)			
SAURA Robert Mandataire par pouvoir PG 10883			

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.